

SCHWANKUNGSKLIMATOLOGIE IM FREQUENZ- UND ZEITBEREICH

Christian-Dietrich Schönwiese

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551922_0070

SCHWANKUNGSKLIMATOLOGIE
IM FREQUENZ- UND ZEITBEREICH

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Fakultät für Physik
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München


vorgelegt von
Christian-Dietrich Schönwiese

1. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Roth

2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Hofmann

Tag der mündlichen Prüfung: 11.7.1974

Die gleichlautende Dissertation wird in der Reihe "Wissenschaftliche Mitteilungen des Meteorologischen Institutes der Universität München" im Jahr 1974 veröffentlicht werden.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Zusammenfassung	5
Summary	6
I. Einleitung	8
II. Schwankungsklimatologie	11
III. Zum Stand des Problems der Klimaschwankungen	17
IV. Methodik der Analyse	24
1. Spektrale Varianzanalyse (Varianzspektrum)	24
2. Numerische Bandpaßfilterung	28
V. Schema der Datenverarbeitung	34
1. Datenerfassung	34
2. Datenverarbeitung	38
VI. Ergebnisse der Analyse	41
1. Allgemeine Bemerkungen	41
2. Lufttemperaturreihen	45
3. Niederschlagsreihen	72
VII. Schlußbemerkungen	84
VIII. Literatur	89
IX. Anhang	
1. Kontinentalitätsformel nach Gorczynski	107
2. Ergänzungen zur Berechnung der Filtergewichte	108
a) Bemerkungen zum Rechenformalismus	108
b) Filtergewichte mit der Charakteristik	
($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$)	114
c) Filtergewichte mit der Charakteristik	
($\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*$)	118
3. Graphische Darstellung der gefilterten Zeitreihen	121
a) Lufttemperaturreihen	122
b) Niederschlagsreihen	134
4. Klimawerte für den Vergleichszeitraum 1860-1960	135

Vorwort

Die Beschäftigung mit klimatologischen Themen, von manchen als langweilig abgetan, hatte mich während der Diplomarbeit so gefangen genommen, daß mein Wunsch immer stärker wurde, die in dieser Arbeit nach einem Verfahren und für wenige Einzelbeispiele bearbeitete Thematik auf umfassendere Weise und global anzufassen. Im Herbst 1970 erlaubte mir Herr Prof. Dr. F. Möller (bis zum Frühjahr 1972 Leiter des Meteorologischen Institutes der Universität München), die vorliegende Dissertation neben dem Beruf durchzuführen. Dies war sicherlich mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Außerdem zeigte es sich, daß nur ein beschränktes Angebot hinreichend langer und genügend sicherer Klimareihen vorliegt und daß nur sehr wenige Analyseverfahren ausreichend sichere Ergebnisse bereitstellen können.

Dennoch tat sich bei der Analyse so viel Neuland auf, daß versucht werden mußte, trotz Einschränkungen zu Aussagen zu kommen. In der Hoffnung, daß dies gelungen ist, und in der Meinung, daß Klimatologie hochaktuell sein kann, ist diese Arbeit geschrieben.

Christian-Dietrich Schönwiese

Zusammenfassung

In der augenblicklichen Situation, in der keine sicheren und umfassenden Determinismen zur kausalen Erklärung klimatologischer Schwankungen verfügbar sind und in der die numerische Berechnung eines allgemein gültigen und globalen Klimamodells in akzeptabler Rechenzeit nicht möglich ist, bietet sich die Möglichkeit an, zunächst phänomenologische Methoden zu entwickeln und anzuwenden, mit dem Ziel, eine möglichst weitgehend auf mathematische Basis gestellte Deskription bereitzustellen. Die vorliegende Arbeit benützt die Methode der spektralen Varianzanalyse nach J.W. Tukey [34,265,266] sowie die Methode der numerischen Bandpaßfilterung in engen Frequenzbereichen in einer für die vorliegende Untersuchung neu berechneten Form.

Die analysierten 54 Reihen der Lufttemperatur und des Niederschlages (Monatswerte 1781-1965 oder kürzerer Zeitraum, vergl. Tabelle 1) zeigen im Periodenbereich $1 \text{ Jahr} < T < 33.3 \text{ Jahre}$ eine für jede Station und für jedes Element typische Verteilung der Varianz. Für viele, aber keineswegs für alle Spektren ergeben sich signifikante Maxima der Varianz in ganz bestimmten Periodenbereichen. Die Temperaturspektren gewisser geographischer Gebiete weisen in einigen Fällen starke Ähnlichkeit untereinander auf, unterscheiden sich aber grundlegend von den Spektren anderer Gebiete. Im Gegensatz zur Meinung anderer Autoren [43, 191] gibt es keine Anzeichen für die Existenz eines allgemeinen global gültigen Spektrums. Die Temperaturspektren bestimmter Stationen ähneln den Niederschlagsspektren der jeweils gleichen Station nicht.

Die numerische Bandpaßfilterung läßt erkennen, daß die durch die spektrale Varianzanalyse aufgezeigten Maxima der Varianz nicht auf singuläre Zufallsereignisse (eine oder sehr wenige Schwankungen sehr großer Amplitude) sondern auf systematische Mechanismen zurückgehen, die in Gebieten mit mehreren hundert Kilometern Ausdehnung mit exakt der gleichen Zeitcharakteristik wirksam sein können.

Summary

In a situation being without any sure and global determinism of causality of climatic changes and being not able to construct a general and global model of world climate by means of numerical methods and with acceptable computation time there is no chance but to develop and to use descriptive methods of a mathematical kind of examination. This report is using Tukeys [34,265,266] method of calculating power spectra. Furthermore a special narrow bandpass filtering of time series data new computed for this work is used.

The 54 series of air temperature and precipitation (monthly data, covering the years 1781 until 1965 or less, see table 1) show in the period range $1 \text{ year} < T < 33.3 \text{ years}$ a distribution of variance, which is typical for each single station and climatic element. Most of the spectra show significant maxima of variance in respect to certain period ranges. The temperature spectra are in some cases very similar if taken from a defined geographical area and very distinct if taken from different geographical areas. In opposition to other authors [43,191] there is no sign of a general type of spectrum all over the world. No single temperature spectrum is similar to the precipitation spectrum of the same station.

Time bandpass filtering shows that maxima of variance gained from the spectra are not referenced to singular accidental events (one or a very small number of variations connected with a very large amplitude) but to systematical mechanisms, which are able to affect areas of several hundred kilometers in exact the same way.

Kurpfalzbaierische Akademie der Wissenschaften (1781):
Anzeige an das Publikum von den Gegenständen der Witterungs-
lehre.

"Die Abänderung des Wetters, welche aus der verschiedenen Beschaffenheit der Atmosphäre entsteht, wird meist als ein unregelmäßiges Ohngefähr angesehen" [150].

E.N. Lorenz (1970):
Climatic change as a mathematical problem.

"In the matter of determining the response of the climate to specified influences, we are still in the speculative era" [167].

I. EINLEITUNG

Das Problem der Klimaschwankungen (zur Begriffsklärung siehe II) ist bis heute weitgehend ungelöst. Zur Lösung oder zur schrittweisen Annäherung an eine Lösung können im wesentlichen zwei Wege eingeschlagen werden: erstens der Versuch, kausale Beziehungen aufzustellen, einschließlich der Verwendung numerischer Modelle; zweitens die Bemühung, unter Ausklammerung der Kausalität zunächst nur vom phänomenologischen Standpunkt aus die Problematik anzusprechen und klarzustellen.

Der Versuch, Klimaschwankungen kausal zu erklären, gleicht immer noch der Suche nach Stecknadeln in einem Heuhaufen. Zwar sind allgemeine physikalische Gesetze bekannt, die möglicherweise auf das Problem der Klimaschwankungen anwendbar sind. Ein umfassendes und stichhaltiges System kausal-mathematischer Beziehungen steht aber noch aus. Zwar fehlt es nicht an speziellen Theorien, beispielsweise über das Eiszeitenproblem [119,127,175,u.a.]. Niemand aber kann sagen, ob eine dieser Theorien richtig ist.

Die Bemühung, durch numerische Berechnungen zu einem umfassenden Klimamodell zu kommen, ist beim augenblicklichen Stand elektronischer Datenverarbeitungssysteme so gut wie aussichtslos. Gehen schon numerische Modellrechnungen der mittleren Strömung der Troposphäre (in Form von Vorhersagekarten der 500mb-Fläche), wie sie heute von den staatlichen Wetterdiensten benutzt werden, an die Grenzen der Rechenkapazität modernster elektronischer Rechenanlagen, so türmen sich bei der Anwendung entsprechender Modelle auf klimatologische Probleme unüberwindlich erscheinende Barrieren auf. Nach einer Mitteilung von S. Manabe([176] S.143) benötigt man zur Berechnung eines atmosphärischen 9-Schichten-Modells mit einem Gitterpunktabstand von 250 km für eine Vorhersagezeit von einem Jahr eine Rechenzeit von 960 Stunden (40 Tage), bezogen auf die Rechananlage IBM 360/91. Stürmische Entwicklungen der Computertechnik sind nötig, um die Modellberechnung einer Eiszeit wenigstens zu überleben. An ein Durchspielen eines solchen Modells mit verschiedenen Parameterkombinationen ist dabei noch nicht einmal gedacht.

In dieser Situation liegt es nahe, zunächst auf die deskriptive Methode zurückzugreifen, d.h. auf die Phänomenologie des Klimas und seiner Schwankungen. Aus der vorliegenden Arbeit sollte erkennbar sein, daß die Anwendung phänomenologischer Verfahren zur Beschreibung klimatologischer Vorgänge sowie der Versuch, diese Verfahren möglichst weitgehend auf mathematische Basis zu stellen, noch längst nicht abgeschlossen sind. Die Erweiterung und systematische Anwendung dieser Methoden sollte außerdem den zitierten Heuhaufen verkleinern helfen, in dem die kausalen Beziehungen versteckt sind. Außerdem sollten die Ergebnisse phänomenologischer Arbeitsmethoden den Konstrukteuren von Klimamodellen sagen können, welche Ergebnisse diese Modelle liefern müssen und bei welchen Ansatzpunkten Vereinfachungen möglich sind.

Daß Klimaschwankungen nicht ein Kapitel aus der Vergangenheit sind, zeigen unter anderem die Arbeiten mehrerer Autoren, die ein globales Absinken der Lufttemperatur seit etwa 1940-1950 nachweisen [51,178,179,227,u.a.]. Genaue Analysen zeigen auf, daß alle klimatischen Elemente bis heute (und sicher auch in der Zukunft) vielfachen und komplexen Schwankungen unterworfen sind [15,16,18,26,29,30,35,38,39,42,43,45,46,54,55,60,61,67,68,69,70,72,73,74,75,79,80,82,86,88,93,94,101,106,113,114,126,129,131,135,136,137,138,139,140,141,142,143,144,145,151,152,153,154,155,156,157,158,159,160,161,162,163,169,172,173,174,177,178,179,180,181,182,183,184,189,190,201,202,203,206,208,214,215,218,219,220,222,227,228,229,231,232,235,236,242,243,245,247,248,261,262,264,268,269,270,272,274,275,276,277,279,282,283,284,285,288,289,290,291,292,u.a.]. Besondere Brisanz hat diese Thematik durch die Wahrscheinlichkeit gewonnen, daß auch der Mensch das Klima beeinflussen kann [49,50,89,95,176,206], und dies in bisher unüberschaubarer Weise. S.I. Rasool und S.H. Schneider [206] haben 1971 mit Hilfe eines umfangreichen 60-Schichten-Modells, das unter anderem Temperatur, Druck, vertikale Wasserdampfverteilung und Bewölkung berücksichtigt, die Wirkung einer Kohlendioxyd- und einer Aerosoldichte-Erhöhung auf die Erdmitteltemperatur untersucht. Diese Berechnung ergab, daß eine Verdoppelung des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre die Erdmitteltemperatur nur um 0.5°K steigen ließe

(tatsächliche Zunahme des CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten nach J.M. Mitchell [178,179]: 7%), während eine Verdoppelung der Aerosoldichte diese Temperatur um 1.5°K und eine Vervierfachung (durchaus nicht auszuschließen) um 3.5°K sinken ließe. Dieser letzte Wert könnte nach Meinung mehrerer Autoren eine neue Eiszeit auslösen. Die wirtschaftlichen und soziologischen Folgen einer solchen Entwicklung sind nicht auszudenken. T. v.Randow [205] berichtete im Juni 1972 von der Stockholmer Umweltkonferenz über dort gegebene Empfehlungen zur Erhaltung der menschlichen Lebensbasis. Von insgesamt 180 Empfehlungen greift er "die elf wichtigsten" heraus und zitiert als erstes den "klimatischen Effekt", der schleunigst in internationaler Zusammenarbeit erforscht werden solle.

Diese wenigen Beispiele beleuchten, wie aktuell die Klimatologie geworden ist. Viele Bausteine werden zusammenzutragen sein, bis sich deutlichere Strukturen zeigen. Einen Beitrag dazu vom phänomenologischen Gesichtspunkt aus soll die vorliegende Arbeit bringen. Darin wird zunächst im Abschnitt "II. Schwankungsklimatologie" die Notwendigkeit betont, der in der Klimatologie seit langem dominierenden auf Mittelwertsbetrachtungen fußenden Betrachtungsweise ("Mittelwertsklimatologie") Arbeitsmethoden gegenüberzustellen, die sich vor allem mit Schwankungen befassen. Beiträge zur Begriffsklärung erscheinen dabei unumgänglich. Vom speziellen Gesichtspunkt der Arbeit aus wird dann im nächsten Abschnitt der Stand des Problems der Analyse von Klimaschwankungen an Hand von ausgewählten Beispielen besprochen. Das Kapitel IV ist den beiden in der vorliegenden Arbeit angewandten Analysemethoden vorbehalten. Nach Anmerkungen zur durchgeführten Datenverarbeitung (V) folgt im Kapitel VI die Beschreibung der Ergebnisse. Im letzten Kapitel (VII) werden noch einige wenige Schlußbemerkungen angefügt.

II. SCHWANKUNGSKLIMATOLOGIE

(Die Rolle von Zeit und Frequenz in einer schwankungs- oder spektralklimatologischen Betrachtungsweise)

Es gibt zwei Aspekte der Klimatologie: die Mittelwertsklimatologie und die Schwankungsklimatologie. Die meisten Klimadefinitionen sind im Sinne der Mittelwertsklimatologie formuliert [11,35,103,104,105,114,139,147,219,u.a.]; beispielsweise ist von "durchschnittlichen Zuständen meteorologischer Einzelvorgänge" [105] oder von der "mittleren Häufigkeit und Dauer bestimmter Erscheinungen" [147] die Rede. Diese Einzelvorgänge oder Erscheinungen verdichten sich bei näherer Betrachtung zur Beschreibung bestimmter Klimaelemente wie Lufttemperatur, Niederschlag, Wind u.ä. (vergl. [236]), aus denen Klimaparameter (vor allem zeitliche und örtliche Mittelwerte) wie langjähriger Mittelwert, mittlere Streuung, mittlere Varianz, mittlere Amplituden u.a. und Klimakenngrößen wie z.B. Kontinentalität oder Aridität errechenbar sind.

Entscheidend ist bei einer mittelwertsklimatologischen Betrachtungsweise, daß diese Parameter oder Kenngrößen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes, der i.a. mit 30 Jahren willkürlich festgelegt ist [61,219,220,236], so beschrieben werden, als ob sie konstant seien. Eine solche auf Mittelwerten und mittleren Phänomenalabläufen fundierte Betrachtungsweise ("Mittelwertsklimatologie") ist in manchen Fällen eine gute näherungsweise Beschreibung der wirklichen Verhältnisse und in vielen Fällen von praktischem Nutzen.

Die Einsicht aber, daß alle Klimaelemente und damit auch das Klima den vielfältigsten Schwankungen unterworfen sind, muß zu einer klimatologischen Betrachtungsweise führen, die den Schwerpunkt nicht auf die Mittelwerte legt ("Mittelwertsklimatologie"), sondern auf die Schwankungen, was hier mit dem Begriff "Schwankungsklimatologie" gekennzeichnet werden soll. "Mittelwertsklimatologie" und "Schwankungsklimatologie" stellen Betrachtungsweisen dar, die beide nötig sind und sich gegenseitig ergänzen. (Hier läßt sich eine gewisse Parallele zur Beschreibung physikalischer Phänomene mittels Korpuskel und Welle oder mittels Materie und Energie ziehen.)

In diesem Zusammenhang muß kurz auf die Definition der Klimaschwankungen eingegangen werden, da in diesem Punkt eine beachtliche Begriffsvielfalt und damit zumindest die Gefahr der Begriffsverwirrung besteht. In der Literatur wird neben dem Begriff der Klimaschwankung (climatic change) eine ganze Reihe von Begriffen genannt, die einmal synonym und dann wieder nicht synonym verwendet werden. Die Kommission für Klimatologie der WMO (World Meteorological Organization) hat daher 1966 (unter dem Vorsitz von J.M. Mitchell) folgende Beziehungen zwischen einigen wichtigen Begriffen der klimatologischen Schwankungen vorgeschlagen [183]:

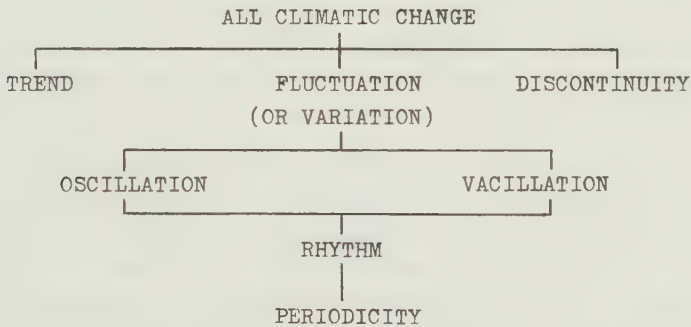


Abb. 1: Zuordnung klimatologischer Schwankungsbegriffe nach [183].

Dabei bedeuten innerhalb einer betrachteten Zeitspanne (alle Definitionen nach [183]):

1. "climatic change" jede Art von Klimaschwankung oder Inkonstanz;
2. "trend" ein allmähliches und monotones Fallen oder Steigen des Mittelwertes;
3. "discontinuity" eine plötzliche und bleibende Änderung des Mittelwertes;
4. "fluctuation" jede Form einer regelmäßigen oder unregelmäßigen Änderung außer 2. und 3., mit mindestens zwei Maxima und einem Minimum bzw. zwei Minima und einem Maximum;
5. "oscillation" eine Fluktuation um einen Mittelwert;
6. "vacillation" eine Fluktuation um zwei oder mehr Mittelwerte, die allmählich oder plötzlich nach bestimmten oder unbestimmten Zeitintervallen wechseln;

7. "rhythm" eine Fluktuation, deren Maxima und Minima nach näherungsweise gleichen Zeitintervallen regelmäßig auftreten;
8. "periodicity" eine Fluktuation, deren Maxima und Minima regelmäßig nach konstanten oder fast konstanten Zeitintervallen auftreten.

Bei diesen Definitionen ist nicht berücksichtigt, daß außer Trend und Diskontinuität (Sprung) auch andere zeitliche Änderungen möglich sind, die keine Fluktuationen im Sinne der gegebenen Definition sind; daß zwischen Fluktuation und Variation eine Abgrenzung hinsichtlich der Amplitude vorgenommen worden ist [220]; daß die Fluktuation einem Trend, einer Diskontinuität oder anderen zeitlichen Änderungen überlagert sein kann; daß Oszillation und "Vakillation" nicht alle möglichen Fälle erfassen; schließlich erscheint die Abgrenzung zwischen Rhythmus und Periodizität als nicht scharf genug.

Die zitierte Aufschlüsselung möglicher Schwankungen des Klimas bewegt sich wie viele andere (vergl. z.B. [35,219]) im Zeitbereich. Der Begriff Zeitbereich bedeutet dabei, daß eine Größe als Funktion der Zeit betrachtet wird. Die ganze Vielfalt und Tragweite klimatologischer und kürzerer Schwankungen tritt aber erst bei einer Betrachtung im Frequenzbereich offen zutage. Im Frequenzbereich werden Größen als Funktion der Frequenz betrachtet. Eine Analyse im Frequenzbereich zeigt nämlich, daß meteorologische Schwankungen im gesamten Frequenzbereich mit Perioden von Sekundenbruchteilen bis Jahrmillionen und mehr auftreten. Diese Tatsache ist ein Hauptgrund dafür, Schwankungsklimatologie zu treiben, d.h. diese Schwankungen in einem bestimmten Periodenbereich zu untersuchen. (Auf das Problem klimatologischer Periodenbereiche wird noch eingegangen werden.)

Kehrt man zum Problem der Klassifizierung möglicher klimatologischer Schwankungen zurück, so erscheint es zweckmäßig, so lange im Zeitbereich zu klassifizieren, wie den zu beschreibenden zeitlichen Schwankungen keine Periode zugeordnet werden kann. Andernfalls sollte eine Klassifizierung im Frequenzbereich zu Hilfe genommen werden. (Dabei muß durchaus keine strenge Periodizität vorliegen. Auch einem Rhythmus kann eine Periode

zugeordnet werden, ggf. mehrere oder eine mittlere.) In Anlehnung an die bereits zitierte Klassifizierung (Abb. 1) und unter Berücksichtigung weiterer Literatur [28,218,219,220] erscheint die folgende Klassifizierung möglich (die englischen Bezeichnungen jeweils in Klammern):

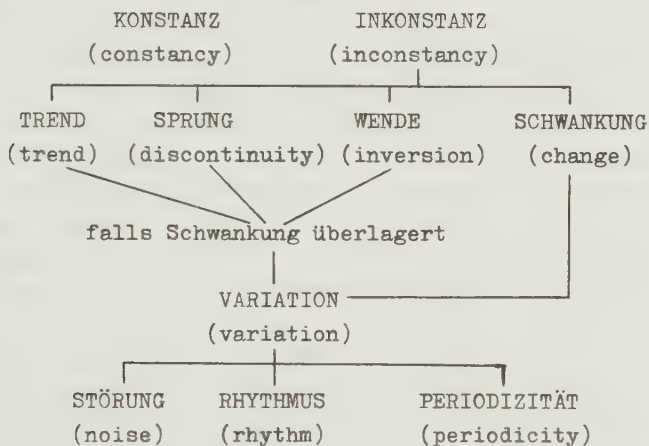


Abb. 2: Zuordnung klimatologischer Begriffe (vergl. Text).

Wenn $x(t)$ die Meß- oder Rechengröße in Abhängigkeit von der Zeit ist (z.B. die Temperatur) und $x(t_i)$ die zugehörige Zeitreihe (Wertereihe in Bezug auf zeitlich äquidistante Schritte), so bedeuten:

1. Konstanz: $x(t_i) = x(t_j) = \text{const.}; \quad (i, j=1, 2, 3, \dots;)$
2. Inkonzanz: $x(t_i) \neq x(t_j) \neq \text{const.};$
3. Trend wie bei Schema Abb. 1;
4. Sprung wie "discontinuity" bei Schema Abb. 1;
5. Wende: Änderung des Betrages, der einem Trend in Abhängigkeit von der Zeit zugeordnet werden kann, einschließlich Vorzeichenwechsel;
6. Schwankung: Inkonzanz der Zeitreihe, wobei mindestens zwei Maxima und ein Minimum bzw. zwei Minima und ein Maximum auftreten müssen (vergl. "fluctuation" bei Schema Abb. 1);

7. Variation: Oberbegriff für den Begriff Schwankung einschließlich der Begriffe 3, 4 und 5, falls zusätzlich die Überlagerung einer Schwankung vorliegt;
8. Störung: Schwankung ohne erkennbare Regelmäßigkeit (z.B. statistische Schwankung);
9. Periodizität: streng periodische Schwankung mit $x(t_i) = x(t_i + T)$ (z.B. Sinuskurve);
10. Rhythmus: quasiperiodische Schwankung mit $x(t_i) \approx x(t_i + T)$ (z.B. Jahresgang der Lufttemperatur).

Einer Schwankung können eine oder mehrere Perioden T (bzw. Frequenzen $f = \frac{1}{T}$) zuzuordnen sein. Man spricht dann zweckmäßigerweise von einer Schwankung (oder Variation) mit einer oder mehreren Periodizitäten bzw. Rhythmen. Ist einem Trend, einem Sprung oder einer Wende eine Schwankung überlagert, so bezieht sich die weitere Klassifikation nur auf die überlagerte Schwankung. Die Begriffe "oscillation" und "vacillation" (vergl. Schema Abb. 1) sind in den hier vorgeschlagenen Definitionen unberücksichtigt. U. Rüge [220] weist darauf hin, daß man unter einer Fluktuation die Differenz zweier 30jähriger Mittelwerte versteht (im Gegensatz zu [183]) und daß eine Variation dann vorliegt, wenn die Abweichung x' vom langjährigen Mittelwert $\bar{x}$ über dem Wert der Streuung liegt. Diese letzte Definition ist etwas problematisch.

Im Frequenzbereich ließen sich Schwankungen am einfachsten in der Weise charakterisieren, daß jeweils die obere Grenze der definierten Periode zur Namensgebung herangezogen wird, z.B. $1 \text{ mon} < T < 1 \text{ a}$ "Jahresschwankung", $1 \text{ a} < T < 10 \text{ a}$ "Dezenniumschwankung", $10 \text{ a} < T < 100 \text{ a}$ "Säkularschwankung", usw.; dabei und im folgenden bedeuten: mon = mittlerer Monat mit 30.44 d (Tagen), a = Jahr. Andere Einteilungen möglicher Schwankungen in spektraler Weise, d.h. im Frequenzbereich, sind in [86, 134, 172] angegeben. Vielfach wird die Angabe des betrachteten Perioden- bzw. Frequenzbereiches ausreichend, genauer und weniger mißverständlich sein. (Zu beachten ist, daß es sich bei allen genannten Einteilungsschemen um phänomenologische, nicht um genetische Betrachtungsweisen handelt.)

Wie nötig eine spektrale Betrachtungsweise der Klimaschwankungen ist, zeigt die vorliegende Arbeit auf. Es werden darin Schwankungen im Periodenbereich $T > 1a$ bis $T \leq 33a$ untersucht. Nach der zur Zeit üblichen Nomenklatur beginnen klimatologische Betrachtungen aber erst bei $T = 30a$ [220]. Daher werden in der vorliegenden Arbeit keine Klimaschwankungen behandelt. Andererseits liegen der Analyse aber Klimareihen von ca. 180a bzw. 110a zugrunde. Bei Berücksichtigung dieses Punktes handelt es sich aber um eine klimatologische Untersuchung. Es erscheint daher zweckmäßig, das Turbulenzspektrum (Schwankungsspektrum für turbulente Größen [99,133,168,217,292]), das von einer charakteristischen Zeit von einigen Sekunden (micro scale) bis zu einer charakteristischen Zeit von einigen Tagen reicht (macro scale), fortzusetzen und ab einer charakteristischen Zeit von einem Jahr und mehr von klimatologischen Schwankungen zu sprechen.

Die Frage lautet dann: Wie sieht dieses Schwankungsspektrum (Varianzspektrum) im klimatologischen Bereich aus; ist es für alle klimatologischen Elemente und Orte der Erde ähnlich oder nicht; wie lassen sich die erfaßten Schwankungen weiter beschreiben, und was läßt sich aus allen diesen Ergebnissen folgern?

III. ZUM STAND DES PROBLEMS DER KLIMASCHWANKUNGEN

Von den vielen Möglichkeiten, Klimaschwankungen phänomenologisch zu analysieren, sollen hier nur die in IV. näher besprochenen Methoden der spektralen Varianzanalyse und der numerischen Bandpaßfilterung in ihren bisherigen Ergebnissen in Betracht gezogen werden. Die spektrale Varianzanalyse liefert ein Varianzspektrum (auch Energie-, Frequenz-, Schwankungs- und quadratisches Spektrum, in der englischen Literatur meist "power spectrum" genannt); dieses Spektrum gibt die Verteilung der Varianz (Quadrat der Streuung) bezogen auf bestimmte Frequenz- bzw. Periodenintervalle an. Bei graphischer Darstellung wird in der Ordinate die Varianz (manchmal auch die normierte oder "relative" Varianz, die mit der Frequenz multiplizierte Varianz, die Amplitude, u.ä.) und in der Abszisse die Frequenz bzw. Periode angegeben. (Da es sich hierbei immer um Frequenz- bzw. Periodenintervalle handelt und nicht um kontinuierliche Größen, verwenden manche Autoren eine Säulendarstellung.) Mit Hilfe der im Abschnitt IV,2 und im Anhang näher beschriebenen numerischen Bandpaßfilterung ist es möglich, aus einer viele Schwankungen beinhaltenden Zeitfunktion bestimmte Schwankungen eines mehr oder weniger engen Perioden- bzw. Frequenzintervalles herauszufiltern. Der folgende kurze Literaturüberblick soll nur einen Hinweis auf die Anwendung der beiden genannten Verfahren im Periodenbereich $T > 1$ a geben, ohne daß dabei genaue Erläuterungen z.B. der recht unterschiedlichen graphischen Darstellungsweisen möglich sind. (Dazu vergl. die angegebene Literatur.)

M. v. Polawchak und H.A. Panofsky [198] haben 1968 darauf hingewiesen, daß Varianzspektren, die Periodenbereiche von Sekunden und Minuten umfassen (Turbulenzspektren vor allem) recht häufig berechnet worden sind, während der Bereich synoptischer Vorgänge (Stunden und Tage) nur sehr selten behandelt wird. Dies gilt noch mehr für den klimatologischen Bereich (nach II. für $T > 1$ a definiert).

H.E. Landsberg [162] hat sich ausführlich mit der bei vielen meteorologischen und anderen terrestrischen Größen auftretenden 26monatigen Periode befaßt, die seit der Entdeckung einer ähnlichen Schwankung der Zonalwindgeschwindigkeit der tropischen Stratosphäre [149,207] besonders aktuell ist. Die Abb. 3 zeigt das Varianzspektrum der von F. Baur [25] mitgeteilten Jahresmittel der Lufttemperatur für Mitteleuropa. Dieses Varianzspektrum ist [162] entnommen. H.E. Landsberg u.a. haben ähnliche

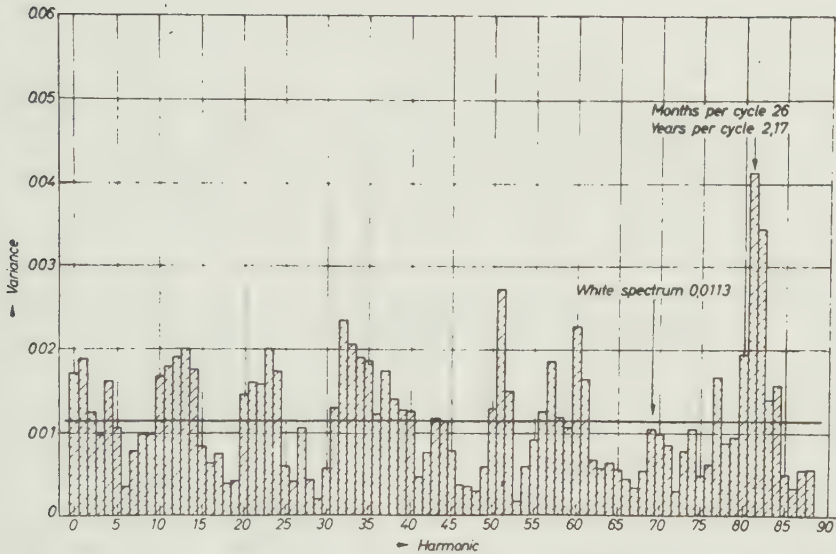


Abb. 3: Varianzspektrum der von F. Baur [25] mitgeteilten Jahresmittel der Lufttemperatur für Mitteleuropa 1761-1953 nach H.E. Landsberg [162]; "harmonic" gibt die Anzahl der Perioden an, die in der Reihe (193 a) enthalten sind; "white spectrum" siehe IV.

Spektren der Lufttemperatur, des Niederschlages und des Luftdruckes wiederholt berechnet [43,159,163,182,236,237,238,239,240], wobei vor allem immer wieder das in Abb. 3 dominierende Maximum bei etwa 2.2a besprochen wurde. In [163] sind Kurven veröffentlicht, die numerische Bandpaßfilterungen dieser Schwankung darstellen. Die in dieser Arbeit angewandte Methode geht auf die Veröffentlichung eines Bandpaßfilters durch G.W. Brier [43] zurück, das im Bereich 11a filtert. (In [163] sind Filterungen im Bereich 24mon durchgeführt.) Die Abb. 4 zeigt eine Anwendung des Filters nach [43] auf die Sommerniederschläge von St. Louis (USA) von J.M. Mitchell [180], der sich noch in [178,179,181,182,183,184,185] mit dieser Problematik verwandten Themen befaßt hat.

Der Beitrag des Varianzspektrums bei 1a gibt im Fall von analysierten Lufttemperaturreihen nicht nur einen Hinweis auf den Jahresgang, sondern auch auf die Kontinentalität. Die Kontinentalitätsformel nach Gorczyński (Anhang 1), in VI zur Auswertung

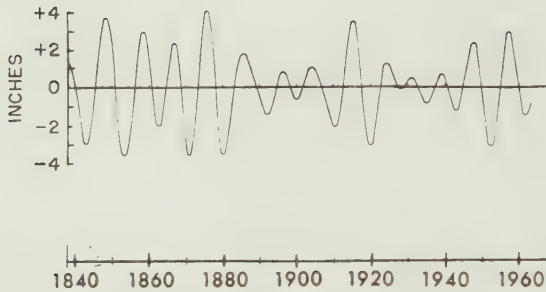


Abb. 4: Numerische Bandpaßfilterung der Sommerniederschläge von St. Louis (USA) im Bereich 11a nach J.M. Mitchell [180].

der Ergebnisse herangezogen, und ähnliche Formeln [35] belegen das durch ihre Abstützung auf die Jahresamplitude der Lufttemperatur. Im Periodenbereich $T < 1a$ wechseln die Varianzspektren stark ihre Struktur, was an Hand von Einzelbeispielen vom Verfasser [236,237,239,240] und anderen Autoren [72,84,110,159, 168,180,194,198] gezeigt wurde.

Kehrt man zum Periodenbereich $T > 1a$ zurück, so darf die Reihe von Arbeiten nicht vergessen werden, in denen Varianzspektren

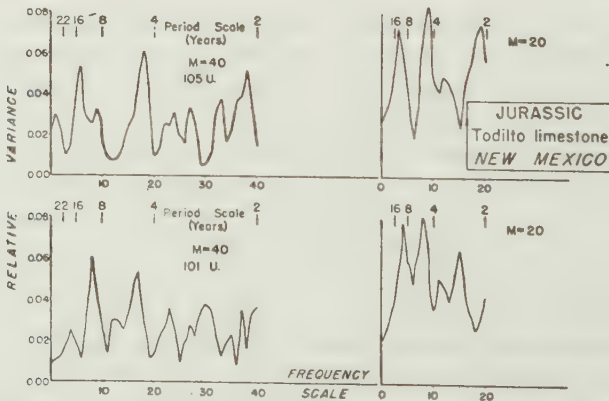


Abb. 5: Varianzspektren bestimmter Warven von New Mexico nach R.Y. Anderson [13].

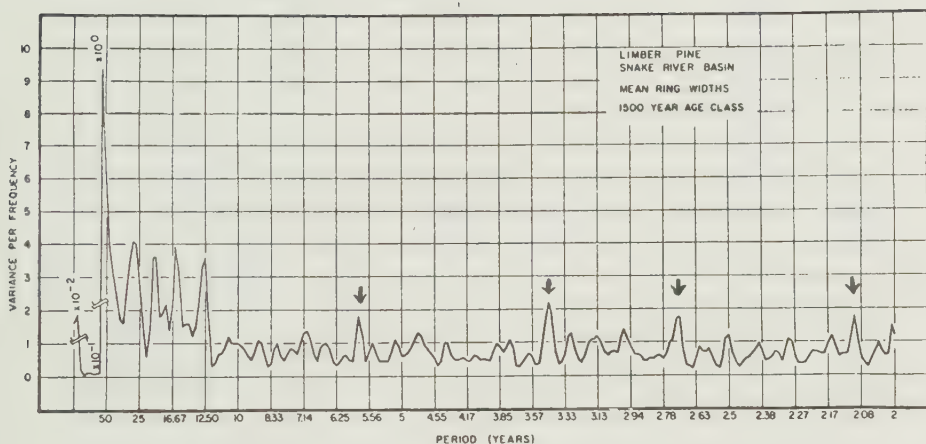


Abb. 6: Varianzspektrum der angegebenen Baumringjahresbreiten nach R.A. Bryson und J.A. Dutton [47].

anderer Größen als Lufttemperatur, Niederschlag u.ä. behandelt worden sind. Dazu gehören auch Größen, die einen mehr oder weniger bekannten indirekten Rückschluß auf Temperatur- und (oder) Niederschlagsverhältnisse zulassen. Mehrere dieser Spektren zeigen auffallende Ähnlichkeit zu den in [236,239] dargestellten Spektren der Lufttemperatur. Die Abb. 5 enthält Varianzspektren der in dieser Abbildung angegebenen *Warwen* nach R.Y. Anderson [13]. (Die *Warwen* oder Bändertone, engl. *varves*, sind Tonablagerungen, meist von Gletscherbächen, die aus hellen Sommer- und dunkleren Winterschichten bestehen. Die Breite dieser Schichten läßt in gewissen Grenzen Rückschlüsse auf vergangene klimatische Verhältnisse zu, wobei der Temperatureinfluß wahrscheinlich überwiegt [12,13].)

Neben R.A. Bryson und J.A. Dutton [47], aus deren Arbeit die Abb. 6 stammt, sind auch Baumringreihen wiederholt der spektralen Varianzanalyse unterworfen worden [53,76,102,236,u.a.]. Mehrere Arbeiten zeigen ähnlich klare und zu anderen Spektren verwandte Ergebnisse wie die Abb. 6, in der die markantesten Maxima im Bereich $2a < T < 10a$ nachträglich durch Pfeile hervor-

gehoben worden sind. (Merkwürdigerweise erbrachte die vom Verfasser in [236] durchgeführte spektrale Varianzanalyse von zwei etwa 1100a langen Baumringreihen der Tanne aus dem Bayerischen Wald und der Eiche aus dem Spessart längst nicht so deutliche Ergebnisse.)

Die $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Analyse des arktischen (und antarktischen) Eises läßt Rückschlüsse auf die Temperatur für viele hundert Jahre der Vergangenheit zu. W. Dansgaard u.a. [62,63,64,65,126] haben derartige Analysen durchgeführt (vergl. VII).

Selbstverständlich sind auch solare Variable in ähnlicher Weise bearbeitet worden [236,251,280,u.a.]. Die Suche nach solar-terrestrischen Beziehungen hat zu vielen Untersuchungen geführt [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,20,21,22,23,24,36,39,59,69,76,78,87,111,112,113,138,175,178,182,190,199,200,223,228,239,250,251,268,275,277,278,280]. Abb. 7 zeigt das Varianzspektrum der Sonnenflecken-Relativzahlen nach [236].

Ähnlich aussehende Varianzspektren klimatologischer Größen könnten dazu verleiten, diese Ähnlichkeit zum Gesetz zu er-

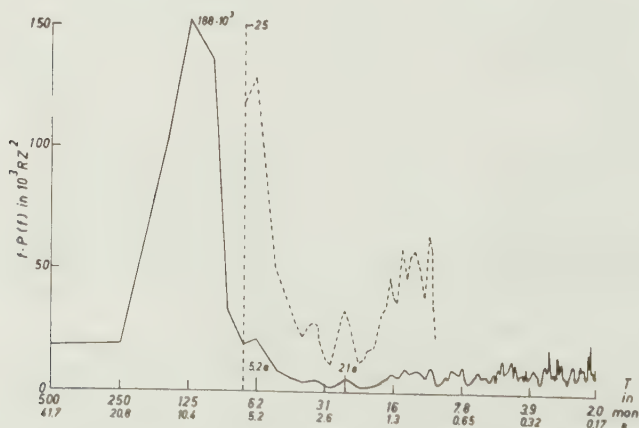


Abb. 7: Varianzspektrum der Sonnenflecken-Relativzahlen 1749-1960. Die gestrichelte Kurve ist ein Ausschnitt mit vergrößertem Ordinatenmaßstab; nach C.D. Schönwiese [236].

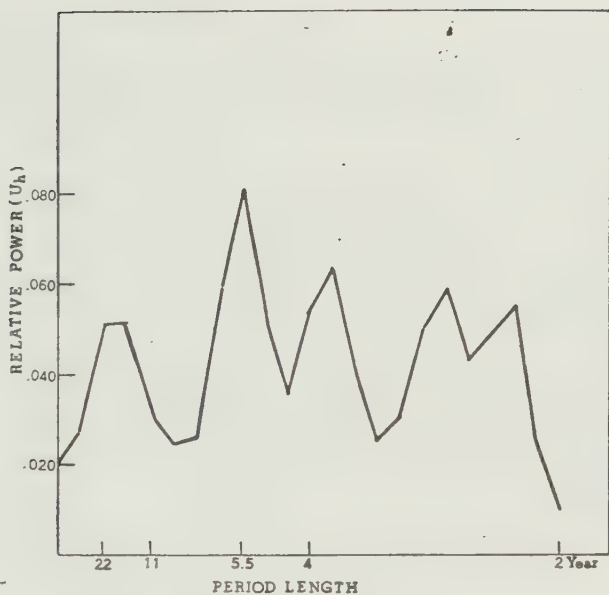


Abb. 8: Varianzspektrum der Jahressummen des Niederschlages in Kopenhagen nach G.W. Brier [43].



Abb. 9: Gemitteltetes Varianzspektrum der Jahressummen des Niederschlages für acht europäische Stationen nach [43].

heben. Wenn darüber hinaus diese Ähnlichkeit bei anderen terrestrischen Größen (Baumringe, Warven, ozeanische Größen, magnetische Indizes, usw.) ebenfalls auftritt, besteht die Gefahr, gleich einen Schritt weiterzugehen und eine Abhängigkeit der genannten terrestrischen Größen von extraterrestrischen Einflüssen nahezulegen. Auffallend ist nun, daß G.W. Brier [43] zwar deutlich strukturierte Varianzspektren von Niederschlagsreihen vorlegen kann, zum Beispiel das Varianzspektrum der jährlichen Niederschlagssummen von Kopenhagen (Abb. 8), das sich deutlich an die Varianzverteilung einiger vorstehend genannter Spektren anlehnt. Das aus der Mittelung acht solcher europäischer Niederschlagsspektren resultierende Varianzspektrum (Abb. 9) zeigt kaum noch Maxima; die deutliche Struktur der Einzelspektren ist verloren gegangen.

Ist nun eine gewisse lokale Eigenheit der Varianzverteilung durch die Mittelung der Spektren zerstört worden und wenn ja, wie ist diese ausgebildet? Oder ist die Aussage von A.S. Monin und I.L. Vulis [191] aus dem Jahr 1971 richtig, daß die Varianzspektren im langperiodischen Bereich alle näherungsweise ähnlich sind und daher ein allgemeines terrestrisches "Normalspektrum" aufgestellt werden kann?

IV. METHODIK DER ANALYSE

1. Spektrale Varianzanalyse (Varianzspektrum)

(Schwankungsklimatologische Analyseform
im Frequenzbereich)

"Die früheren mathematischen und statistischen Untersuchungen auf meteorologischem und klimatologischem Gebiet basierten auf der Annahme, daß geophysikalische Zeitreihen durch eine begrenzte Anzahl von Schwingungen reproduzierbar sind und damit eine Grundlage für die prognostische Verwertbarkeit gegeben ist." So schrieb 1968 R. Doberitz [74]. Engt man den Begriff "Schwingung" in diesem Zitat in "periodische Schwingung" oder noch enger in "periodische Sinusschwingung" ein, so ist man bei der Fourieranalyse und einigen daraus abgeleiteten Verfahren angelangt. (In [236] ist dargelegt, warum diese Verfahren auf klimatologische Reihen nicht angewandt werden dürfen.)

Ein entscheidender Schritt von dem von J.B. Fourier [100] in seinem Buch "Analytische Theorie der Wärme" (deutsch 1884) angegebenen Verfahren, das heute "Fourieranalyse" genannt wird, zum Varianzspektrum wurde durch N. Wiener [287] mit dem Aufsatz "Generalized theory of power spectrum estimates" (1930) gemacht. Eine in ähnliche Richtung zielende Veröffentlichung von L. Keller [128] blieb weitgehend unbeachtet (1932). J.W. Tukey [265] hat in der Arbeit "The sampling theory of power spectrum estimates" (1949) diese Methode in einer weiterentwickelten und praxisreifen Form vorgestellt, die mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung realisierbar ist. Mit R.B. Blackman zusammen veröffentlichte er 1958 (Neuaufgabe 1966) eine ausführliche Darstellung des Verfahrens [34].

Der mathematische Formalismus zur Errechnung des heute sehr bekannten Varianzspektrums (u.a. auch Energie-, Frequenz- und quadratisches Spektrum genannt, in der englischen Literatur ist die Bezeichnung "power spectrum" verbreitet) ist vom Verfasser bereits in [236] ausführlich besprochen worden. An dieser Stelle genügt daher der Hinweis auf einige wichtige Arbeiten. Diese sind neben den bereits erwähnten grundlegen-

den Veröffentlichungen ohne Anspruch auf Vollständigkeit: [27, 28, 125, 266, 267, 272, 273]. Verwandte Themen der Zeitreihenanalyse sind außerdem ausführlich in [11, 115, 216, 258, 259, 263, u.a.] behandelt.

Die Methode der spektralen Varianzanalyse wurde zunächst auf Fragen der spektralen Verteilung der turbulenten Energie angewandt (daher die Bezeichnung "power spectrum", vergl. [236]). Schon 1956 findet sich eine Anwendung auf die Temperatur direkt [110]. Von den zahlreichen Anwendungen auf diese und andere Größen seien [72, 73, 74, 75, 83, 84, 159, 162, 180, 182, 183, 185, 194, 198, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 272] genannt. A.H. Oort u.a. [194] haben auf die Möglichkeit hingewiesen, die Computer-Rechenzeit durch Anwendung der FFT (fast Fourier transformation) wesentlich zu verkürzen.

Das Varianzspektrum, wie es in der vorliegenden Arbeit errechnet wurde, ist die frequenzspektrale Darstellung der Varianz einer Zeitreihe, d.h. einer in zeitlich äquidistanten Schritten vorliegenden Reihe einer Größe (im vorliegenden Fall einer Lufttemperatur- bzw. Niederschlagsreihe). Das Varianzspektrum gibt die Varianzanteile der analysierten Größe (Ordinate) für bestimmte Frequenz- bzw. Periodenintervalle (Abszisse) an. In den folgenden graphischen Darstellungen sind die Varianzanteile jeweils auf die Mitte der Periodenintervalle bezogen und mit der zugehörigen Frequenz multipliziert. Die auf diese Weise entstehenden Punkte sind linear verbunden. Die Abszisse weist einen logarithmischen Maßstab auf; dann ist das Integral der jeweils abgebildeten Kurve (und damit die Fläche darunter) eine gute Näherung der Varianz, die sich für den gesamten Periodenbereich des Varianzspektrums ergeben würde. (Vergl. hierzu [236].)

Zur Interpretation des Varianzspektrums sind u.a. von J.S. Bendat und A.G. Piersol [27] ausführliche Hinweise gegeben worden. Aus ihrem Buch stammt die Abb. 10, die für bestimmte Spezialfälle Zeitreihe und zugehöriges Varianzspektrum darstellt. Eine exakte Sinuswelle liefert im Varianzspektrum einen einzigen Beitrag bei der der Sinuswelle zugehörigen Frequenz f_0 (Abb. 10,a). Ist dieser Sinuswelle eine statisti-

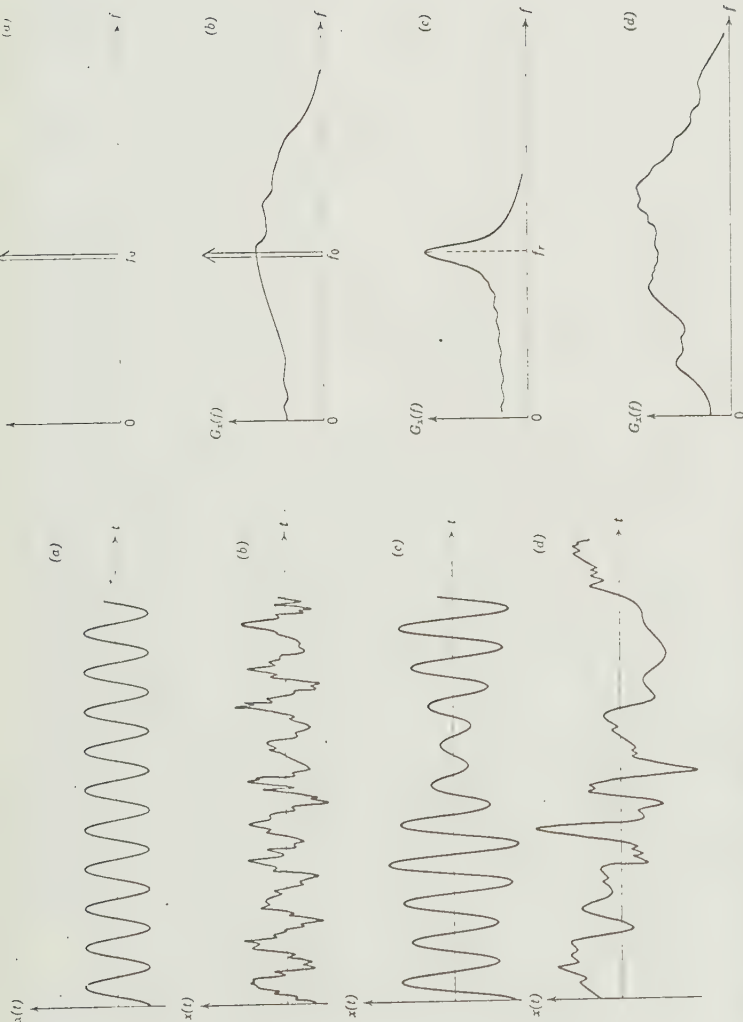


Abb. 10: Zeitfunktion und zugehöriges Varianzspektrum für ausgewählte Spezialfälle nach J.S. Bendat und A.G. Piersol 27 : a) Sinuswelle; b) Sinuswelle mit überlagerter statistischer Störung; c) wie b), jedoch Störung auf einen engeren Frequenzbereich beschränkt; d) wie c), jedoch Störung in einem weiten Frequenzbereich. (Alle Größen sind linear dargestellt, während für die Varianzspektren der Abbildungen 17-27 und 33-45 für f bzw. T eine logarithmische Darstellung verwendet wird.)

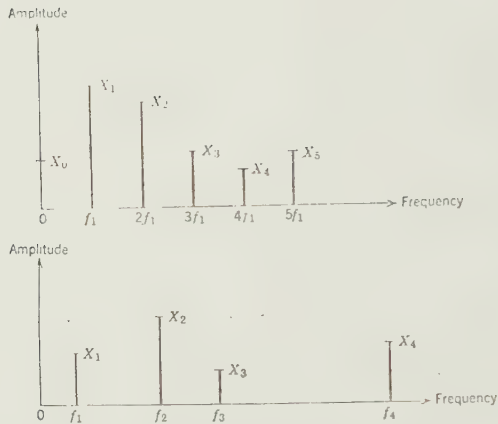


Abb. 11: Varianzspektren zusammengesetzter Sinuswellen nach [27]; Erklärung siehe Text.

sche Störung (Zufallsdaten, random noise) überlagert, so "verschmiert" das Spektrum; bei der Frequenz f_0 findet sich nur noch ein undeutliches Maximum (Abb. 10,b). Ist die statistische Störung dominierend, so liefert das Spektrum für alle Frequenzen nahezu die gleichen Ordinatenwerte (falls die Ordinatenwerte und die Frequenz bzw. gleiche Frequenzintervalle linear dargestellt werden; andernfalls ergeben sich gewisse Steigungen der Spektralkurve); man spricht in diesem Fall von einem "weißen Spektrum" (white spectrum). Eine wichtige Rolle spielt der Frequenzbereich, den die statistische Störung umfaßt. Ist dieser Frequenzbereich groß, so wird das Maximum des Spektrums, das von der Sinuswelle herrührt, wesentlich stärker verdeckt (Abb. 10,d) als in den Fällen, in denen der Frequenzbereich der statistischen Störung enger ist (Abb. 10,c). Ebenfalls aus [27] stammt die Abb. 11, die die Spektren von Schwankungen wiedergibt, die sich bei zusammengesetzten Sinuswellen ergeben. Dabei gilt im oberen Beispiel $f_i = n \cdot f_1$, wobei n ganzzahlig ist, im unteren Beispiel gilt dagegen $f_i \neq n \cdot f_1$ (keine ganzzahligen Verhältnisse der f_i).

Ein bedenkenlos geeignetes Verfahren zur Sicherheitsüberprüfung der spektralen Varianzanalyse liegt bisher nicht vor. Meist wird der Signifikanztest nach dem χ^2 -Verfahren ange-

wendet. (Dieses Verfahren ist in [34] erläutert und in [236] bei vergleichbarer Analyse angewendet. In der vorliegenden Arbeit würde sich für die längeren Reihen, 1781-1965, der Sicherheitsbereich 0.63-1.40 und für die kürzeren Reihen, 1850-1960, der Sicherheitsbereich 0.53-1.54 ergeben. Mit diesen Werten sind die jeweiligen Ordinatenwerte der Varainzspektren zu multiplizieren, um die Sicherheitsgrenzen für 80% der Fälle zu erhalten.) Bei der spektralen Varianzanalyse von Klimareihen ist zu beachten, daß wegen der nie vollständig gelungenen Homogenisierung der längerperiodische Bereich der Spektren unsicherer ist als der kürzerperiodische (außerdem setzen sich die Spektren der Abb. 17-27 und 33-45 im Bereich $T > 10a$ aus nur drei, im Bereich $T < 10a$ jedoch aus 30 Ordinatenwerten zusammen). Bei Verwendung übergreifender Zwölfmonatsmittel und Ordinattendarstellung der Abb. 17-27 und 33-45 würde ein ideal "weißes" Spektrum von langen Perioden ausgehend allmählich ansteigen, bei etwa $T=2.7a$ ein Maximum erreichen und gegen $T=1a$ steil abfallen. Dabei müßte die Fläche unter dieser "weißen" Spektralkurve gleich der Fläche der unter der jeweils berechneten Spektralkurve sein.

Schwankungen klimatologischer Größen sind sicherlich keine Sinuswellen. Schon deswegen können zur Analyse solcher Schwankungen keine harmonischen Verfahren wie z.B. die reine Fourieranalyse und einige daraus abgeleitete Verfahren herangezogen werden [236]. Der Vorzug des Varianzspektrums liegt gerade darin, daß es beliebige Schwankungen erfaßt. Über den Vorzügen sollten aber die Nachteile nicht vergessen werden: Bestimmte Informationen aus dem Zeitbereich wie Phase, Anzahl und zeitliche Zuordnung der Maxima und Minima, Größe der einzelnen Amplituden u.ä. gehen bei der spektralen Varianzanalyse verloren. Dies alles läßt sich aber mit Hilfe der numerischen Bandpaßfilterung erfassen.

2. Numerische Bandpaßfilterung

Unter Filterung versteht man eine Amplitudenvariation (d.h. eine aus vielen Einzelperioden zusammengesetzte Schwankung wird in der Weise verändert, daß die Amplituden dieser Einzelperioden verändert werden; z.B. können in einem bestimmten Periodenintervall alle Amplituden auf null reduziert, in einem anderen Periodenintervall aber unverändert gelassen werden). Diese Amplitudenvariation soll durch die Frequenzcharakteristik $R(f)$ beschrieben werden, die das Amplitudenverhältnis nach gegenüber vor der Filterung angibt.

Unter numerischer Filterung versteht man eine Filterung durch eine Rechenoperation. Diese läßt sich im Frequenzbereich besonders gut darstellen, z.B. durch Multiplikation eines Varianzspektrums mit einer bestimmten Filtercharakteristik. Wird beispielsweise ein Varianzspektrum aus Werten berechnet, die übergreifend gemittelt sind, so läßt sich dies im Frequenzbereich auf die Multiplikation des Varianzspektrums der nicht übergreifend gemittelten Werte mit der speziellen Filtercharakteristik

$$(IV,1) \quad R_{\bar{u}}(f) = \frac{\sin^2(\pi f \eta)}{(\pi f \eta)^2}$$

zurückzuführen. Dabei ist η das Zeitintervall, über das übergreifend gemittelt wird. Da den in VI. berechneten Varianzspektren übergreifende Zwölfmonatsmittel (bzw. -summen) zugrundeliegen, ist dort ein derartiges Filter mit $\eta = 12$ mon wirksam. Die Charakteristik dieses Filters ist in [236] dargestellt. $R_{\bar{u}}(f)$ hat für $T \gg \eta$ den Wert 1 und fällt mit $T \rightarrow \eta$ rasch ab um für $T = \eta$ den Wert $R_{\bar{u}}(f) = 0$ anzunehmen. Dies bedeutet die Eliminierung des Jahresganges.

Um im Zeitbereich numerisch zu filtern, muß man eine vorgegebene Zeitreihe mit einer Gewichtsfunktion falten. Im diskreten Fall bedeutet das:

$$(IV,2) \quad \tilde{x}_i = \sum_{k=-n}^{k=+m} w_k x_{i+k},$$

wobei x_i die ursprüngliche Zeitreihe, $\tilde{x}_i$ die gefilterte Zeitreihe und $w_k = w_{-n}, w_{-n+1}, \dots, w_{-1}, w_0, w_1, \dots, w_{m-1}, w_m$ die Filtergewichte sind [120.183]. Falls

$$(IV,3) \quad \sum_k w_k = 1 ,$$

bleibt der Mittelwert der ursprünglichen Reihe unverändert [120]. Falls

$$(IV,4) \quad \sum_k w_k = 0 ,$$

erhält man die gefilterte Reihe in Form von Abweichungen vom (als Null definierten) Mittelwert. Diese Art der Filterung wurde in der vorliegenden Arbeit angewandt. Falls in (IV,2) $n=m$ und die Werte $w_{-k} = w_{+k}$ (d.h. bezüglich des Zentralgewichtes w_0 symmetrische Filtergewichte) und falls die w_k reell sind (bei reellen x_i), ist die Phasentreue beim Vorgang der Filterung gesichert [183,263]. Beide Bedingungen sind im folgenden berücksichtigt. Die übergreifende Mittelung ist ein besonders einfacher Spezialfall von (IV,2), nämlich $n=m$ und $w_k = \text{const.} = \frac{1}{M}$, wobei M wie ausgeführt das Intervall ist, über das übergreifend gemittelt wird.

Zur Errechnung der Gewichte für eine numerische Bandpaßfilterung können zwei Wege eingeschlagen werden: Auf indirektem Weg läßt sich ein Bandpaßfilter durch Kombination von Hoch- und Tiefpaßfilter oder durch Subtraktion zweier Tiefpaßfilter konstruieren [120,183,263]. Die direkte Methode hat den Vorteil, daß die Filtercharakteristik vorgegeben und damit auf das zu bearbeitende Problem zugeschnitten werden kann. Allgemeine Ausführungen zur direkten Methode finden sich bei J. Taubenheim [263]; doch sind die dort angeführten Bandpaß-Filtercharakteristika relativ breit und haben deutliche Nebengipfel. Taubenheim weist darauf hin, daß es H.E. Landsberg [163] gelungen sei, ein Bandpaßfilter praktisch ohne Nebengipfel zu konstruieren. Doch ist die Landsbergsche Methode eine Modifikation der Methode von G.W. Brier [43], der im Gegensatz zu Landsberg ein Filter mit symmetrischer und schmalerer Charakteristik angegeben hat. (Weitere Hinweise und Anwendungen der numerischen Bandpaßfilterung in [17,72,73].) J.M. Mitchell [183] hat zusammen mit einer Mitarbeitergruppe in den "Technical Notes" der WMO den Brierschen Gedankengang ausführlich dargelegt. Darauf soll kurz eingegangen werden, weil daran die hier vorgelegte Filterentwicklung anknüpft (im wesentlichen im Anhang wiedergegeben).

Die Filtercharakteristik ist allgemein gegeben durch

$$(IV,5) \quad R(f) = w_0 + 2 \sum_{k=1}^n w_k \cos 2\pi f k.$$

Die Filtergewichte selbst errechnen sich aus

$$(IV,6) \quad w_k = \frac{1}{2n} \left[R_0 + 2 \sum_{i=1}^n R(f) \cos 2\pi f k \right], \text{ mit } f = \frac{i}{2n}.$$

Nun gibt man sich eine Filtercharakteristik vor, mit $R(f)=1$ für f^* bzw. $1/T^*$. Eine solche lautet bei Verallgemeinerung der Schreibweise von [183]:

$$(IV,7) \quad \begin{aligned} R(f) &= 0 && \text{für } 0 < f < \frac{1}{2}f^* \text{ bzw. } \infty > T > 2T^* \\ 2R(f) &= 1 + \cos(2T^* \pi f) && \text{für } \frac{1}{2}f^* \leq f < f^* \text{ bzw. } 2T^* \geq T > T^* \\ 2R(f) &= 1 - \cos(T^* \pi f) && \text{für } f^* \leq f < 2f^* \text{ bzw. } T^* \geq T > \frac{1}{2}T^* \\ R(f) &= 0 && \text{für } 2f^* \leq f < \frac{1}{2} \text{ bzw. } \frac{1}{2}T^* \geq T > 2. \end{aligned}$$

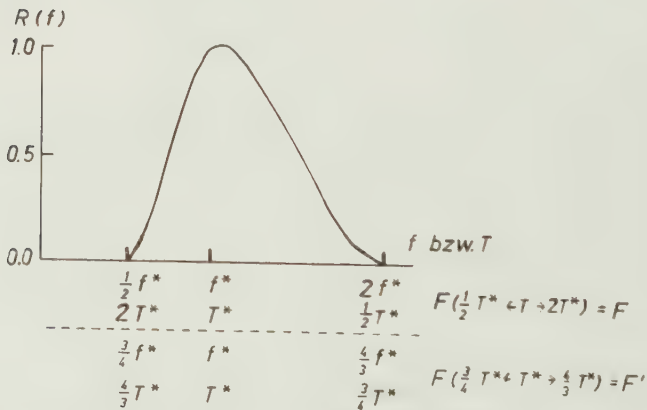


Abb. 12: Darstellung der Filtercharakteristik $R(f)$ für numerische Bandpaßfilter $F(\frac{1}{2}T^* < T^* \rightarrow 2T^*)$, obere Abszissenbeschriftung, sowie $F(\frac{3}{4}T^* < T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*)$, untere Abszissenbeschriftung; $R(f)$ und f in linearer Darstellung. Die in den Klammern definierte Breite der Bandpaßfilter ist nur im Idealfall exakt, i.a. schließen sich kleinere Nebenmaxima an.

Dieses Bandpaßfilter ist in Abb. 12(F) in seiner Charakteristik dargestellt. Es nimmt für f^* bzw. T^* den Wert $R(f)=1$ an, d.h. die Amplitude von T^* wird nicht verändert. Im Idealfall werden alle Perioden $T \leq \frac{1}{2}T^*$ und $T \geq 2T^*$ unterdrückt. Dazu müßte man aber unendlich viele Gewichte w_k verwenden. Andernfalls treten kleinere Nebenmaxima auf. Ein Filter dieser Art soll im folgenden mit $F(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ oder Filter der Charakteristik $(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ bezeichnet werden. Für bestimmtes T^* , z.B. $T^*=26\text{mon}$, soll die Kurzschreibweise F_{26} verwendet werden.

Liegt eine ungefilterte Zeitreihe mit dem Datenabstand Δt vor (z.B. $\Delta t=1\text{mon}$ oder $\Delta t=1\text{a}$), so ist $T=2\Delta t$ die kleinste erfaßbare Periode, $f=\frac{1}{2\Delta t}$ die größte erfaßbare Frequenz; darauf geht die Definition $T=2$ bzw. $f=\frac{1}{2}$ in der vierten Zeile von (IV,7) zurück. Der Wert n stellt einen Kompromiß zwischen nicht zu vielen Gewichten w_k und nicht zu vielen Nebengipfeln bei $R(f)$ dar. In [183] wird empfohlen, mit dem empirisch gewonnenen Wert $n = 6T^*$ (IV,8) zu rechnen. Die Abbildung 13 nach [43] zeigt oben die Filtergewichte w_k und unten die zugehörige Filtercharakteristik für ein numerisches Bandpaßfilter $F(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ mit $T^*=11\text{a}$.

Für die vorliegende Arbeit wurden nun neue Filtergewichte einer anderen Charakteristik, nämlich $(\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*)$ berechnet. Solche Filter sollen im folgenden mit $F'(\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*)$ und für bestimmtes T^* z.B. mit F'_{26} (falls $T^*=26\text{mon}$) bezeichnet werden. Die Abb. 12 kann in einfacher Weise entsprechend umgedeutet werden (untere Abszissenbeschriftung). Die Theorie zur Berechnung dieser Gewichte sowie die Zahlenwerte bestimmter Filtergewichte von F und F' sind im Anhang 2 wiedergegeben. Dort ist auch ausgeführt, daß auf Grund der Ergebnisse von VI neue Bandpaßfilter der Art F' konstruiert werden mußten und in welcher Weise diese Filter auf die Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse zugeschnitten sind.

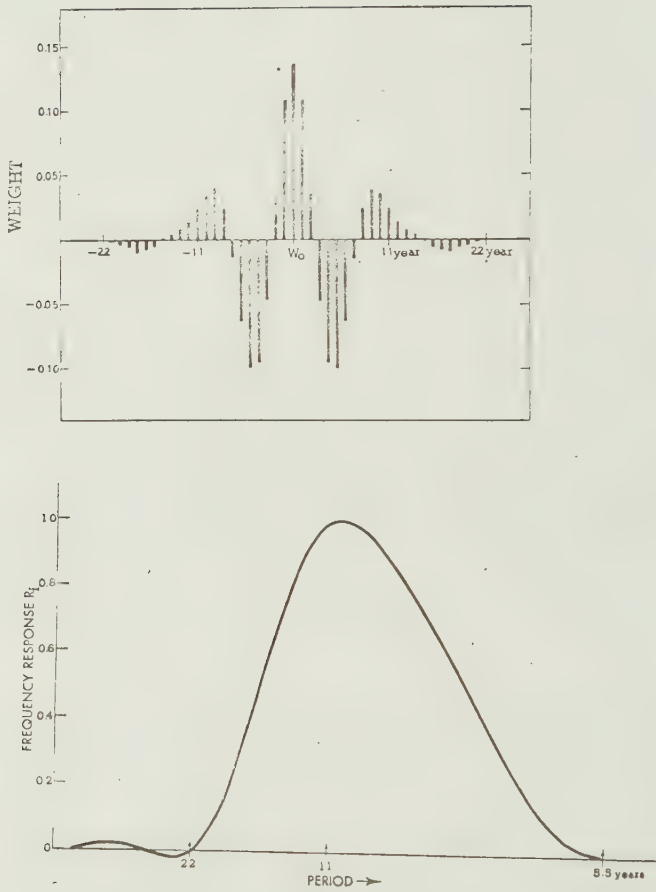


Abb. 13: Filtergewichte w_k (oben) und Filtercharakteristik $R(f)$ (unten) für den Spezialfall $F(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ und $T^* = 11a$; nach G.W. Brier [43].

V. SCHEMA DER DATENVERARBEITUNG

1. Datenerfassung

Bei der Datenerfassung wurde versucht, alle verfügbaren Reihen der Lufttemperatur und des Niederschlages zu erfassen, die auf Grund ausreichender Reihenzahl noch hinreichend sichere Ergebnisse bei der spektralen Varianzanalyse erlauben. Reihen, die größere Lücken als insgesamt fünf Jahre aufweisen, wurden ausgeschieden, und die verbleibenden Lücken wurden durch langjährige Mittelwerte geschlossen, um die Abweichungen bei der Analyse vernachlässigen zu können (vergl. [236]). Als Quellen wurden vor allem die "World Weather Records" [293], aber auch die Mitteilungen [15,25,71, 195,204] benützt.

Bei dieser Auswahl verblieben 28 Reihen von Monatsmittelwerten der Lufttemperatur (Einheit $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ bzw. $\frac{1}{10}^{\circ}\text{F}$) und 26 Reihen von Monatssummen des Niederschlages (Einheit mm bzw. $\frac{1}{100}$ inch). Einen Überblick über diese zur Analyse verwendeten Reihen gibt die Tabelle 1. Diese Reihen gliedern sich in drei Gruppen:

- a) Reihen, die um das Jahr 1850 beginnen (größte Gruppe);
- b) Reihen, die 1781 (Gründungsjahr der Societas Meteorologica Palatina) beginnen (wesentlich kleinere Gruppe); einzelne noch längere Reihen wurden entsprechend gekürzt, um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu erreichen;
- c) Reihen, die erheblich nach dem Jahr 1850 beginnen; diese Reihen wurden vor allem aus geographischen Gründen mit in die Analyse eingeschlossen, um ein möglichst globales Netz von Stationen aufstellen zu können; die Analyse dieser Reihen ist wesentlich unsicherer als die Analyse der beiden erstgenannten Gruppen (bezüglich der spektralen Varianzanalyse).

In der Abb. 14 sind auf einem Unterdruck, der die globale Klimaklassifikation nach W. Köppen und R. Geiger aus [35] angibt, die Stationsnummern der Tabelle 1 eingetragen. Die Abb. 15 gibt die Lage der Stationen für Europa (eingerahmtes Gebiet der Abb. 14) wieder.

Tabelle 1 (folgende Seite): Datenliste. Die erste Spalte enthält die die auch in den Abb. 14 und 15 verwendeten Nummern, die zweite Spalte die Namen der Stationen und die dritte Spalte den zugehörigen Staat. Neben dem Zeitraum in Jahreszahlen ist mit $\sum a$ die jeweilige Summe der verwendeten Jahre angegeben.

Nr.	Station	Staat	Lufttemperatur		Niederschlag	
			Zeitraum	Σa	Zeitraum	Σa
1	Basel	Schweiz	1781-1965	185		
2	Zürich	Schweiz			1864-1960	97
3	Hohenpeißenberg	Deutschland	1781-1965	185		
4	München	Deutschland	1781-1965	185		
5	Kremsmünster	Österreich			1850-1960	111
6	Wien	Österreich			1851-1960	110
7	Budapest	Ungarn	1781-1965	185		
8	Sibiu (Hermannstadt)	Rumänien	1781-1965	185		
9	Prag	Tschechoslowakei	1781-1965	185		
10	Frankfurt/Main	Deutschland	1850-1965	116	1850-1960	111
11	Berlin	Deutschland	1781-1965	185	1851-1960	110
12	Emden	Deutschland	1850-1965	116		
13	Kiel	Deutschland	1850-1965	116		
14	Helsinki (Helsingfors)	Finnland	1850-1965	116	1850-1960	111
15	Uppsala	Schweden	1855-1960	106	1851-1960	110
16	Edinburgh	Großbritannien	1781-1960	180	1785-1960	176
17	De Bilt (Utrecht-)	Niederlande	1850-1965	116	1850-1960	111
18	Gibraltar	Brit. Commonwealth	1852-1965	114	1852-1960	109
19	Rom	Italien	1850-1965	116	1782-1960	179
20	Stykkisholm(ur)	Island	1850-1960	111	1857-1960	104
21	Toronto	Kanada	1850-1965	116	1850-1960	111
22	New York	USA			1850-1960	111
23	New Haven	USA	1781-1960	180		
24	San Francisco	USA	1851-1965	115	1850-1960	111
25	Rio de Janeiro	Brasilien			1851-1960	110
26	Sao Paulo	Brasilien	1887-1960	74	1861-1960	100
27	Buenos Aires	Argentinien	1856-1960	105	1851-1960	110
28	Jerusalem	Israel	1882-1960	79	1850-1960	111
29	Bombay	Indien	1878-1960	83	1781-1960	180
30	Seoul *)	Korea			1876-1960	85
31	Tokyo	Japan	1876-1960	85		
32	Djakarta (Batavia)	Indonesien			1864-1960	97
33	Kapstadt (Cape Town)	Südafrika.	1857-1960	104	1850-1960	111
34	Adelaide	Australien	1856-1960	105	1850-1960	111

*) 1908-1937 Chemulpo, 1938-1960 Incheon, beide Stationen nahe Seoul.



Abb. 14: Legende siehe folgende Seite. --



Abb. 15: Geographische Lage der in der Tabelle 1 angegebenen europäischen Stationen.

Abb. 14 (vorangehende Seite): Lage der in der Tabelle 1 angegebenen außereuropäischen Stationen. Als Unterdruck ist Klimaklassifikation nach W. Köppen und R. Geiger aus [35] verwendet. Die Nummern entsprechen den Stationsnummern der Tabelle 1. Das eingeraumte Gebiet (Europa) ist in der Abb. 15 (oben) wiedergegeben.

2. Datenverarbeitung

Die Verarbeitung der Ausgangsdaten soll das Schema der Abb. 16 veranschaulichen. Die Monatsmittel bzw. Monatssummen der Lufttemperatur- und Niederschlagsreihen der Tabelle 1 sind diese Ausgangsdaten. Die Aufbereitung der Daten für die Analyse ist durch einfach umrandete Rechtecke und Verbindungspfeile dargestellt und umfaßt folgende Arbeitsgänge:

- a) Überprüfung der Daten auf Vollständigkeit und Richtigkeit einschließlich Aufsuchen von Stellenfehlern: Programm "PR". (Bei der Überprüfung der Richtigkeit der Ziffern konnte die Arbeit von Hand nicht umgangen werden.)
- b) Ausgabe der überprüften Werte auf Lochkarten in einheitlicher Form: Programm "FO". (Dies ist nötig, damit die weiteren Rechenprogramme jeden Wert einschließlich Jahreszahl und Kennziffer an der richtigen Stelle vorfinden.)
- c) Weiterleitung zum Programm "KLIM", das als klimatologische Ergänzung Mittelwerte, Streuung, Varianz und Jahresgang der einzelnen Reihen für den in der Tabelle 1 angegebenen Zeitraum und den einheitlichen Vergleichszeitraum 1860-1960 (so weit möglich) berechnet.
- d) Weiterleitung von "PR/FO" zum Programm "UM/US", das die Monatsmittel- bzw. Monatssummenwerte in übergreifende Zwölfmonatsmittel bzw. Zwölfmonatssummen umrechnet. (Dadurch wird das Filter (IV,1) wirksam und der Jahresgang eliminiert.)
- e) Gegebenenfalls Umweg von "PR/FO" nach "KLIM" bzw. "UM/US" über die Programme "FC" (Umrechnung von Fahrenheitgraden F in Celsiusgrade C, wobei $C = [F - 32] \cdot \frac{5}{9}$) bzw. "IM" (Umrechnung von Inches in Millimeter, wobei $1 \text{ mm} = 0.03937 \text{ inch}$).
- f) Unabhängig davon Errechnung der Filtergewichte nach der im Anhang 2 beschriebenen Rechenvorschrift (Filtercharakteristik für F' nach Abb. 12): Programme "FG'". Der Index von FG' gibt das jeweilige T^* an, für das $R(f)=1$ gilt (vergl. IV,2).

Diese "Aufbereitungsprogramme", die die erfaßten Daten für die Analyse vorbereiten, münden in die eigentlichen Rechenprogramme, als "Hauptprogramme zur Analyse" bezeichnet, und das bereits bei der Aufbereitung besprochene klimatologische Ergänzungsprogramm

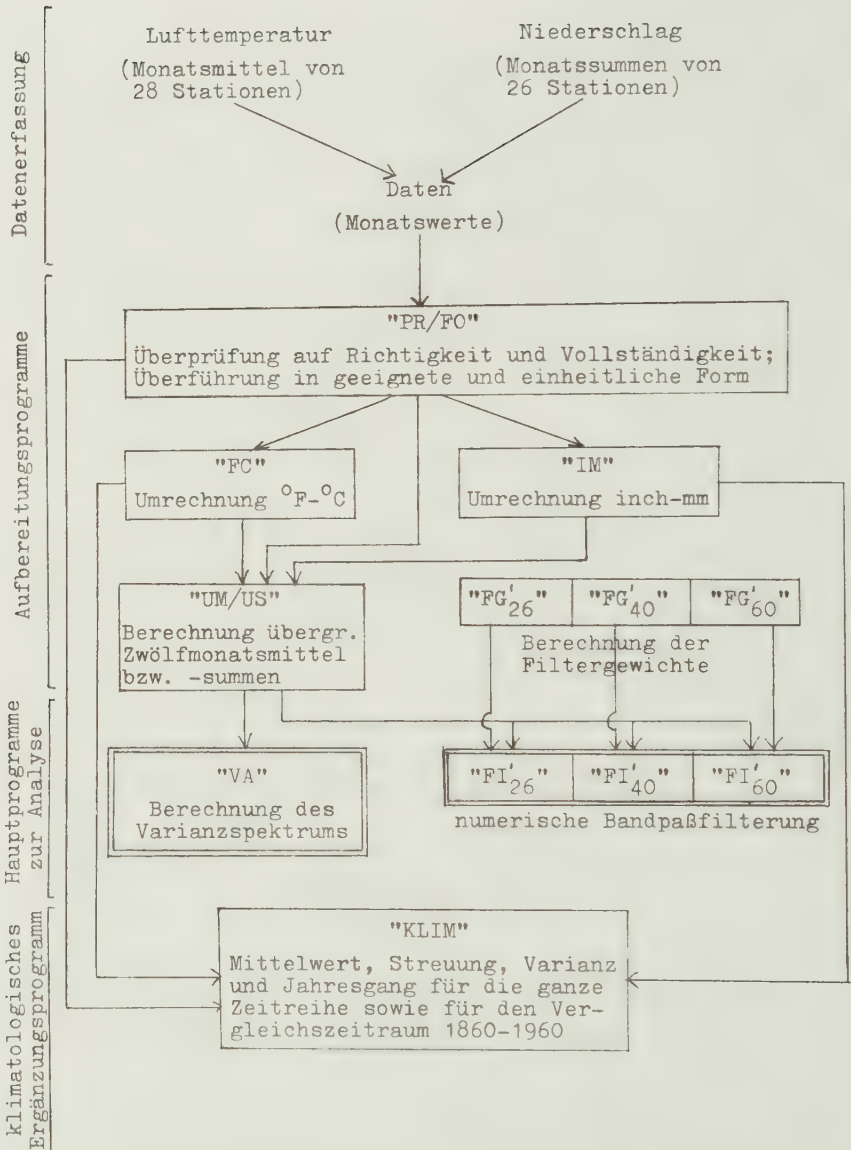


Abb. 16: Strukturdiagramm zur Datenverarbeitung.
(Erklärung siehe Text.)

"KLIM". Die Hauptprogramme leisten von "UM/US" ausgehend einmal die spektrale Varianzanalyse nach IV,1 (Programm "VA") und zum anderen die Filterung der Zeitreihen nach IV,2 (Programme "FI", wobei der Index auf das jeweilige T^* der Filtergewichte verweist). Diese Hauptprogramme sind durch doppelt umrandete Rechtecke symbolisiert. Sie liefern einmal die Varianzspektren der in der Tabelle 1 angegebenen Reihen sowie für jede dieser Reihen die numerisch gefilterten Zeitreihen mit $T^*=26\text{mon}$, $T^*=40\text{mon}$ und $T^*=60\text{mon}$.

VI. ERGEBNISSE DER ANALYSE

1. Allgemeine Bemerkungen

Die Auswahl der in V, Tabelle 1, angegebenen Reihen der Lufttemperatur und des Niederschlages stellt einen Kompromiß zwischen möglichst globaler Erfassung der Werte und möglichst großer Anzahl der Daten der Einzelreihen dar. In allen Fällen erfolgte die Einlesung der Daten für die Analyse in Form von übergreifenden Zwölfmonatsmitteln bzw. -summen. Dies bedeutet gegenüber der bei anderen Autoren meist üblichen Verwendung von Jahresmitteln bzw. Jahressummen eine Erhöhung der zur Analyse bereitstehenden Daten um den Faktor 12. Weiterhin bedeutet dies, daß die Jahresgänge eliminiert sind (vergl. Filter (IV,1); die Jahresgänge wurden getrennt berechnet und sind im Anhang 4 mitgeteilt) und daß die Ergebnisse im Periodenbereich $T > 1a$, der hier allein betrachtet werden soll, verdeutlicht sind. Alle 54 Reihen (von 34 Stationen in aller Welt) wurden völlig einheitlich mit Hilfe des Rechenschemas analysiert, das R.B. Blackman und J.W. Tukey [34] angegeben haben und auf das in IV,1 hingewiesen ist. Dabei betragen die im Rechenformalismus auftretenden Verschiebungen (vergl. [236]) ebenfalls einheitlich $M=200$, um immer die gleiche Abszissenunterteilung (Periodenintervalle) zu gewährleisten. Die sich daraus und aus der Zahl der bei der jeweiligen Reihe verwendeten Werte ergebenden unterschiedlichen Sicherheitsbereiche sind in IV,1 angegeben.

Auch die graphischen Darstellungen sämtlicher Varianzspektren, Abb. 17-27 und 33-45, sind einheitlich. Die Ordinate gibt die Werte $f \cdot P(f)$, die Abszisse die Periodenwerte T an (T in logarithmischer Darstellung; vergl. IV,1). Der Abstand der zur Analyse herangezogenen Stationen ist sehr groß, in den meisten Gegenden der Welt zu groß. Das vorliegende Datenmaterial und die Ansprüche der spektralen Varianzanalyse an den Datenumfang ließen jedoch keine wesentliche Verringerung des Stationsabstandes zu (vergl. V,1).

Als gemeinsames Ergebnis der spektralen Varianzanalyse läßt sich, teilweise in Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen [236,237,238,239,240,241] folgendes angeben:

- A) Im untersuchten Periodenbereich $1a < T < 33.3a$ sind alle Schwankungen an der Varianz beteiligt oder genauer, für jedes erfaßte Periodenintervall existiert ein Varianzbeitrag. Das zeigt sich darin, daß die Spektren nirgends den Ordinatenwert Null annehmen. (In [236,239] wurde gezeigt, daß dies auch im Periodenbereich $2mon \leq T < 1a$ sowie im Periodenbereich $2d \leq T < 2mon$ der Fall ist; $d=Tag$.)
- B) Die Varianzanteile fallen zum Jahresgang hin steil ab, was auf die Wirkung des mehrfach zitierten Filters (IV,1) zurückzuführen ist, das die Verwendung übergreifender Mittelwerte beschreibt.
- C) Die Varianzanteile fallen zu langen Perioden hin allmählich ab, was zum Teil von der verwendeten Ordinatendarstellung $f \cdot P(f)$ herrührt. Der langperiodische Endpunkt der Kurve der Varianzspektren enthält die gesamte langperiodische Varianz für $T \gtrsim 33.3a$; dort auftretende geringe Varianzanteile haben deshalb besonderes Gewicht. (Hohe, insbesondere herausfallend hohe Varianzanteile zum langperiodischen Ende des Spektrums hin lassen nach [240] möglicherweise auf schlechte Homogenisierung schließen.)
- D) Die Varianz ist bei den meisten der berechneten Spektren auf bestimmte Periodenbereiche konzentriert, d.h. für bestimmte Periodenbereiche ergeben sich höhere Varianzanteile als für andere.
- E) Im Gegensatz zu den in III besprochenen Ergebnissen und Ansichten zeigt die Varianz für bestimmte Gruppen von Spektren, die sich meist von geographisch benachbarten Stationen ableiten, ganz charakteristische Gemeinsamkeiten, die sich von anderen Gruppen von Spektren ebenso charakteristisch unterscheiden. Da dies als ein Hauptergebnis der vorliegenden Analyse angesehen werden muß, soll dieser Erscheinung bei der Interpretation der Einzelspektren ausführlich Rechnung getragen werden. Dort werden auch die Ergebnisse der numerischen Bandpaßfilterung besprochen.

Zur genaueren Beschreibung der Spektren sollen zuvor aber noch drei Indizes definiert werden, die auf die Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse zugeschnitten sind. Im folgenden bedeutet "IV" Index des Varianzspektrums. Um welchen Index es sich jeweils handelt, ist in der Klammer nach IV angegeben.

a) Gesamtvarianz: IV(va)

Das Varianzspektrum läßt sich nicht nur mit Hilfe der Abszissen- und Ordinatenwerte (sinnvollerweise vor allem bei Ordinatenmaxima) quantitativ beschreiben. Es fällt darüber hinaus die unterschiedliche Gesamtvarianz im erfaßten Periodenbereich $1a < T \leq 33.3a$ auf, die gleich der Fläche unter der Kurve des Varianzspektrums ist. Diese Varianz soll hier mit IV(va) bezeichnet werden. (Genauer wäre $IV(va)_{1-33.3a}$.) Dieser Index wurde numerisch durch die Summierung aller Varianzanteile (Ordinatenwerte des Spektrums) im Bereich $1a < T \leq 33.3a$ bestimmt, wobei die Genauigkeit von 0.001 grad^2 gewählt wurde. Im Unterschied zu dieser von einer übergreifend gemittelten Zeitreihe in einem bestimmten Periodenbereich berechneten Varianz "va" soll die (gesamte) Varianz der Monatsmittel bzw. -summen der Zeitreihe wie üblich mit σ^2 bezeichnet werden.

b) Strukturindex: IV(st)

Ein Varianzspektrum läßt sich auch durch die Zahl und Intensität der Maxima und Minima charakterisieren. Dabei soll unter Intensität verstanden werden, wie stark sich die Maxima von den benachbarten Minima abheben. (Auch ein "weißes" Spektrum, das von einer Zufallsreihe berechnet wird, weist Maxima und Minima auf, jedoch für einen bestimmten Prozentsatz der Werte innerhalb bestimmter Grenzen. Auf die Festlegung dieser Grenzen, die im Fall des Varianzspektrums recht problematisch ist, wurde an dieser Stelle verzichtet.)

Zur Bestimmung des "Strukturindex" IV(st) wurde folgender Weg eingeschlagen:

- A. Bestimmung des Ordinatenwertes für den langperiodischen Endpunkt der Abszisse ($T=33.3a$): a_1 .
- B. Aufsuchen des nächsten Ordinatenmaximums oder -minimums in

Richtung kleinerer Perioden: a_2 .

C. Wiederholung des Schrittes B bis zum Abfall zum Jahresgang, der unberücksichtigt bleibt: a_3 , a_4 , a_5 , ...

D. Bildung der Ordinatendifferenzen $|a_{i+1} - a_i|$, wobei alle Ordinatendifferenzen $\angle a \leq 0.05 \text{ grad}^2$ unberücksichtigt bleiben, und zwar in der Weise, daß das betreffende Maximum oder Minimum als nicht existent betrachtet wird. Bei dieser Handhabung werden nur Maxima erfaßt, die sich von beiden benachbarten Minima um mehr oder gleich 0.05 grad^2 unterscheiden.

E. Addition der verbleibenden Ordinatendifferenzen:

$$(V,1) \quad IV(st) = \sum_{i=1}^n |a_{i+1} - a_i| , i=1,2,3,\dots$$

c) Verteilungsindex: IV(di)

Dieser Index wurde in der Weise definiert, daß die Varianzanteile im Bereich $1.0a < T \leq 2.7a$ zu den Varianzanteilen des Bereiches $T \geq 2.8a$ in Beziehung gesetzt werden. Dazu wurden wie im Abschnitt a) die Indizes IV(va) gebildet, allerdings nur für die angegebenen Periodenbereiche, genauer also die Indizes IV(va)_{1-2.7a} und IV(va)_{2.8-33.3a} . Als Verteilungsindex ist definiert

$$(V,2) \quad IV(di) = \frac{IV(va)_{1-2.7a}}{IV(va)_{2.8-33.3a}} .$$

Einen ähnlichen Index haben M. v. Polawchak und H.A. Panofsky [198] bei der Abschätzung von Varianzspektren der Tagesmittels-temperatur eingeführt, allerdings ohne alle Werte ihrer Spektren zu erfassen.

Man könnte bei obiger Definition auch einfach die eine Hälfte der Ordinatenwerte des Spektrums (im Bereich $T > 1a$) zur anderen Hälfte in Beziehung setzen, würde die Cäsar aber dann bei etwa $2.1a$ vornehmen müssen, und das ist im Bereich des häufig auftretenden 26monatigen Maximums (vergl. III), was als unglücklich angesehen werden muß.

2. Lufttemperaturreihen

Die Betrachtung der Varianzspektren der Lufttemperaturreihen soll bei Abb. 17, ausgezogene Kurve, beginnen. Dort ist das Varianzspektrum der Lufttemperatur von Basel dargestellt (zur Reihenlänge vergl. jeweils Tabelle 1). Neben den allgemeinen Aussagen von VI,1 läßt sich feststellen, daß in diesem Fall die Varianz in sehr deutlicher Weise bei Periodenintervallen um 2.2a und 3.3a konzentriert ist. Bei etwa 1.7a tritt ein kleines Nebenmaximum auf. Bei der Schwankung von etwa 2.2a handelt es sich um ein wohlbekanntes Phänomen, die berühmte 26monatige Schwankung, auf die in III hingewiesen worden ist. Die Schwankung von 3.3a ist dem Verfasser von der Analyse der Hohenpeißenberger Temperaturreihe her bekannt [236]; diese Schwankung wird ungleich weniger beachtet.

Ein Vergleich des Baseler Spektrums mit dem vom Hohenpeißenberg (Abb. 17, gestrichelte Kurve) zeigt, daß beide Spektren sehr ähnlich sind. Nimmt man das Spektrum von München hinzu (Abb. 17, strichpunktiert), so gleichen sich alle drei Spektren stark. Das Spektrum von Basel zeigt lediglich im gesamten betrachteten Bereich $1a < T \leq 33.3a$ etwas geringere Varianz. Daraus lassen sich aber keine Schlüsse auf die Kontinentalität ziehen, da diese an Hand der Jahresamplitude definiert ist (vergl. Anhang 1) und man selbstverständlich nicht von einem Periodenbereich des Spektrums auf den anderen schließen kann.

Mit der Abb. 18 geht die Reise nach Osten weiter. Die Spektren von Wien (ausgezogen), Budapest (gestrichelt) und Sibiu (strichpunktiert) zeigen die Varianzmaxima bei den genau gleichen Periodenbereichen wie die Spektren der Abb. 17. Lediglich das Spektrum von Sibiu fällt mit seinen relativ hohen Varianzanteilen, insbesondere bei 2.1a, etwas heraus. Vielleicht gehört dieses Spektrum schon nicht mehr in die bisher besprochene Gruppe. Weisen nämlich die Spektren nördlich der Alpen von Basel bis Budapest erstaunliche Ähnlichkeiten auf, so ändert sich das rasch, wenn man nördlicher gelegene Stationen zur Analyse heranzieht.

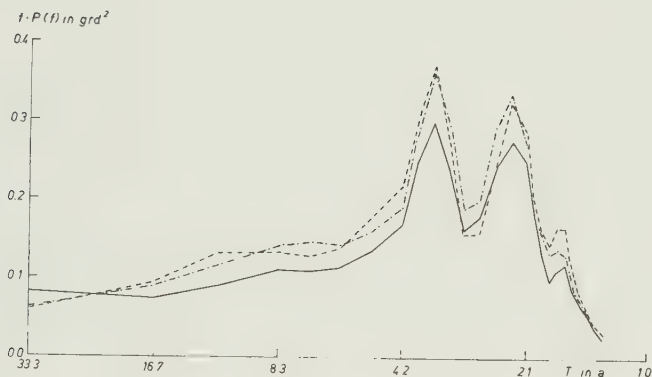


Abb. 17: Varianzspektren der Lufttemperatur: Basel (ausgezogen), Hohenpeißenberg (gestrichelt) und München (strichpunktiert). Diese wie alle folgenden Spektren sind aus übergreifenden Zwölfmonatsmitteln berechnet. Die jeweilig zugrundeliegende Zeitdauer ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

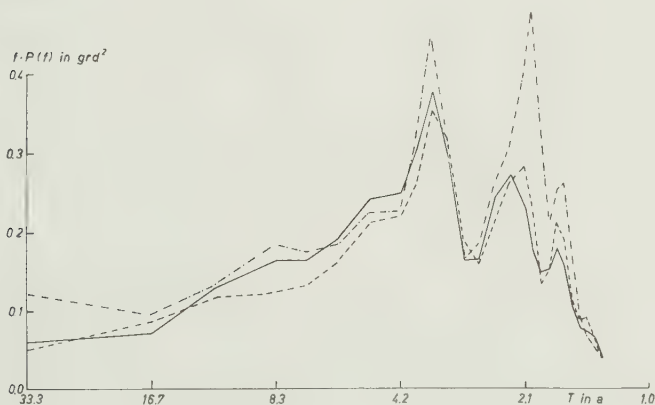


Abb. 18: Varianzspektren der Lufttemperatur: Wien (ausgezogen), Budapest (gestrichelt) und Sibiu (strichpunktiert).

Der kurze Weg von Wien nach Prag ändert das Bild deutlich (Abb. 19, ausgezogene Kurve): Zwar sind noch die Maxima bei 2.2a und 3.3a dominierend, daneben zeigt sich aber ein drittes Maximum bei etwa 5a. Mit dem Spektrum von Berlin (Abb. 19, gestrichelt) verdeutlicht sich dieser Eindruck noch. Die in Abb. 20 dargestellten Spektren von Frankfurt/Main (ausgezogen), Kiel (strichpunktiert) und De Bilt (punktiert) weisen erstmals bei 5a ein höheres Maximum als bei 3.3a auf. Auch das durch die höheren Varianzanteile im Bereich $3a < T < 8a$ etwas herausfallende Spektrum von Emden (gestrichelt) bestätigt dieses Resultat. Auf dem Weg nach Norden hat sich offenbar von Abb. 19 zu Abb. 20 der Varianzanteil bei 5a auf Kosten des Varianzanteiles bei 3.3a verstärkt.

Die ganzseitig abgebildeten Spektren von Uppsala (Abb. 21, ausgezogen) und Helsinki (gestrichelt) sind die merkwürdigsten der ganzen Serie: Sie zeigen wesentlich höhere Varianzanteile als alle anderen berechneten Temperaturspektren. Außerdem ist das Maximum bei 3.3a völlig verschwunden, es lassen sich nur noch Varianzmaxima bei 2.2a und 5a nachweisen. Das Verschwinden des Varianzmaximums bei 3.3a und das Auftauchen des neuen Maximums bei 5a ist nicht zu erklären. Dagegen könnte man daran denken, die sehr hohen Varianzanteile des Spektrums mit der Nähe der Frontalzone in Verbindung zu bringen, da in diesem Bereich mit einer starken Isothermendrängung zu rechnen ist. Daher könnten langfristige Verlagerungen der Frontalzone auch große langfristige Temperaturschwankungen erzeugen. Diese Schwankungen werden dann im Varianzspektrum erfaßbar.

Auch diese Erklärung wird fraglich, betrachtet man sich in der Abb. 22 (ausgezogene Kurve) das Spektrum von Stykkisholm in Island. Auch diese Station liegt nahe, meistens sogar in der Frontalzone. Von den hohen Varianzanteilen der Abb. 21 ist jedoch hier nicht viel zu entdecken. Ein Maximum bei 3.3a ist dominierend, daneben zeigt sich noch ein deutliches Maximum bei 2.2a. Das Spektrum von Edinburgh (Abb. 22, gestrichelt) erinnert bei seltsam geringer Varianz im ganzen Bereich am ehesten an das Spektrum von Berlin (Abb. 20, gestrichelt), da das Maximum

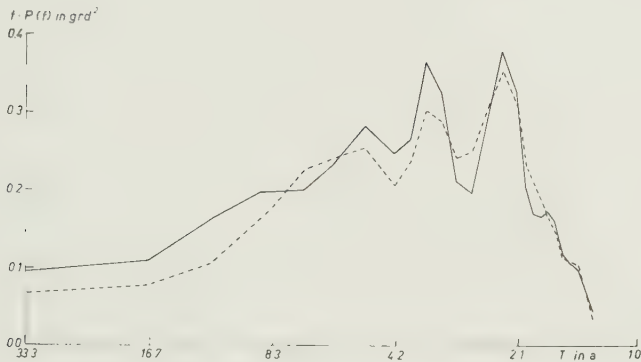


Abb. 19: Varianzspektren der Lufttemperatur: Prag (ausgezogen) und Berlin (gestrichelt).

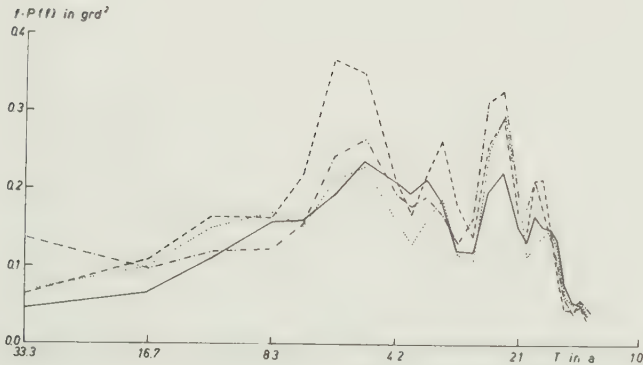


Abb. 20: Varianzspektren der Lufttemperatur: Frankfurt/Main (ausgezogen), Emden (gestrichelt), Kiel (strichpunkttert) und De Bilt (gepunktet).

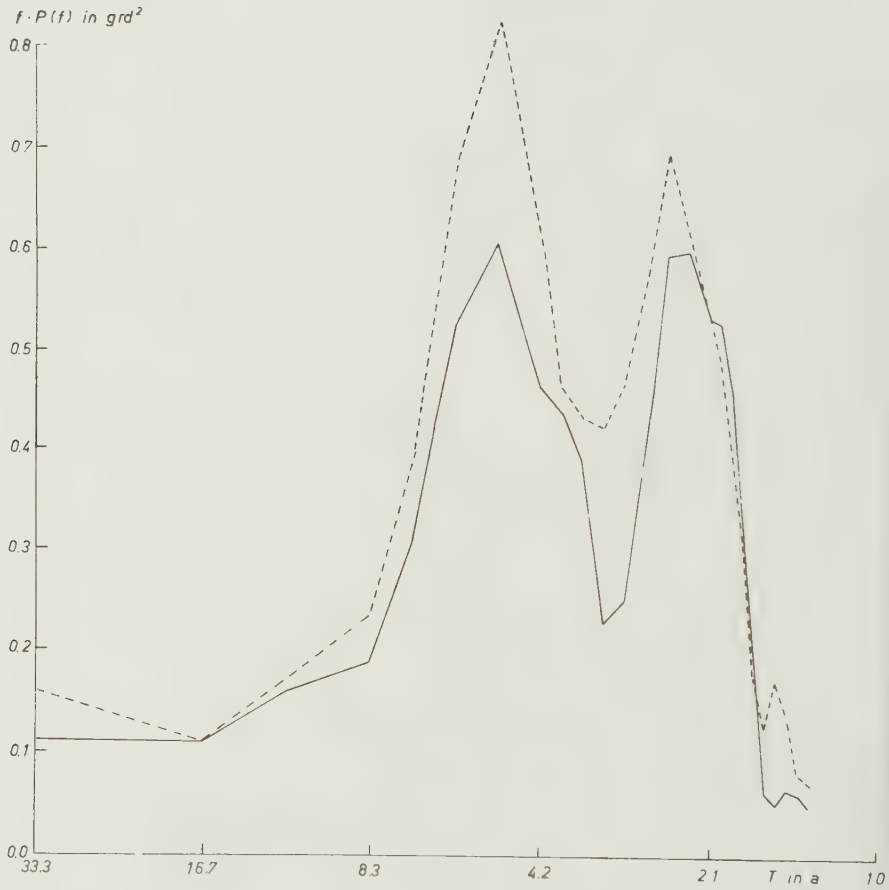


Abb. 21: Varianzspektren der Lufttemperatur: Uppsala (ausgezogen) und Helsinki (gestrichelt).

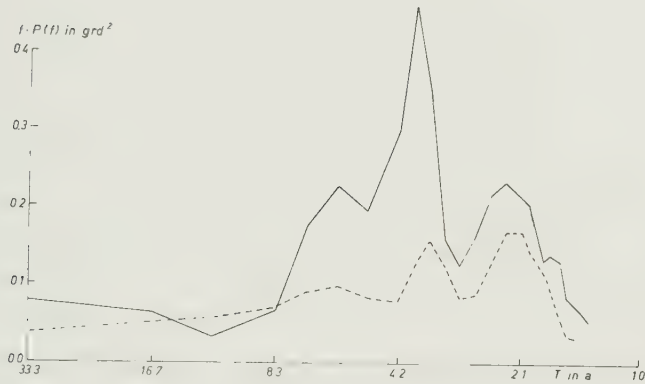


Abb. 22: Varianzspektren der Lufttemperatur: Stykkisholm (ausgezogen) und Edinburgh (gestrichelt).

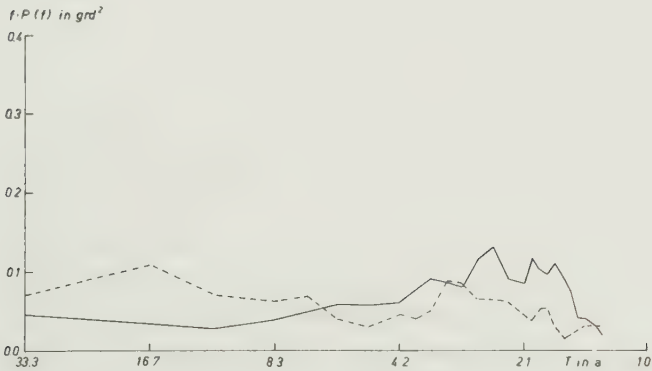


Abb. 23: Varianzspektren der Lufttemperatur: Rom (ausgezogen) und Gibraltar (gestrichelt).

bei 5a noch undeutlicher als im Fall von Stykkisholm ist. Eine überzeugende Zuordnung dieser letzten beiden Spektren zu den vorhergehenden aber kann nicht gegeben werden. Ebenso verhält es sich, wenn man das südliche Europa betrachtet. Die Abb. 23 zeigt als Vertreter dieses Bereiches die Spektren von Rom (ausgezogen) und Gibraltar (gestrichelt). Bevorzugte Bereiche der Varianz lassen sich hier kaum noch angeben. Daraus kann lediglich geschlossen werden, daß sich im Bereich des westlichen Mittelmeeres und im Periodenbereich $T > 1a$ nur sehr geringe Schwankungen feststellen lassen. (Allerdings sind zwei Stationen selbst für solch eine Aussage zu wenig.)

Die Varianzspektren der Lufttemperatur von Toronto (Abb. 24, ausgezogene Kurve) und New Haven (gestrichelt) zeigen beide Maxima bei 2.2a und 2.8a. Sieht man von der im fast ganzen analysierten Bereich höheren Varianz des Spektrums von Toronto ab (das Ansteigen der Kurve zu langen Perioden hin ist möglicherweise durch bessere Homogenisierung eliminierbar, vergl. VI, 1, C), so ist eine Ähnlichkeit beider Spektren durchaus festzustellen. Möglicherweise würden sich in Nordamerika wie auch in anderen Erdteilen ähnliche Zusammenhänge wie in Europa aufzeigen lassen, könnte man wesentlich mehr Reihen klimatologischer Elemente von Stationen aus diesen Gebieten zur Analyse heranziehen.

Auch die Spektren der Abb. 25, San Francisco (ausgezogen), Sao Paulo (gestrichelt) und Buenos Aires (strichpunktirt) ähneln sich: Sie weisen keine Maxima auf. Während San Francisco wie Rom und Gibraltar (vergl. Abb. 23) in den Subtropen liegt, findet man Sao Paulo im Grenzbereich zwischen Subtropen und Tropen und Buenos Aires im Grenzbereich zwischen Subtropen und gemäßigter Zone (siehe Klimakarten der Erde in [35]).

In der Abb. 26 erinnert das Spektrum von Bombay (gestrichelt) am stärksten an die Spektren der Abb. 23 und 25. Im Fall von Tokyo (strichpunktirt) könnte man wieder an europäische Parallelen denken. Tokyo liegt in der gemäßigten Zone [35], dürfte aber auch von den nicht weit entfernten Subtropen beeinflusst sein. Das Spektrum zeigt bei insgesamt geringer

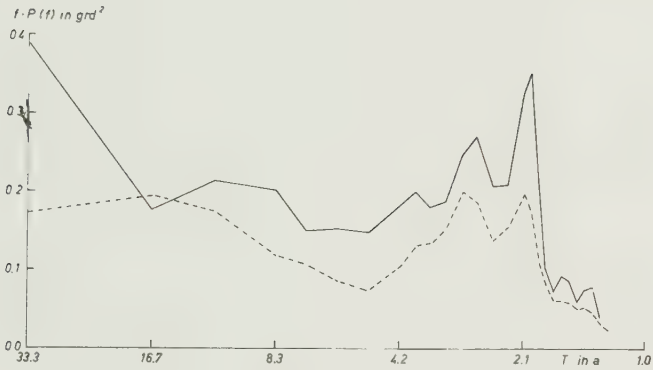


Abb. 24: Varianzspektren der Lufttemperatur: Toronto (ausgezogen) und New Haven (gestrichelt).

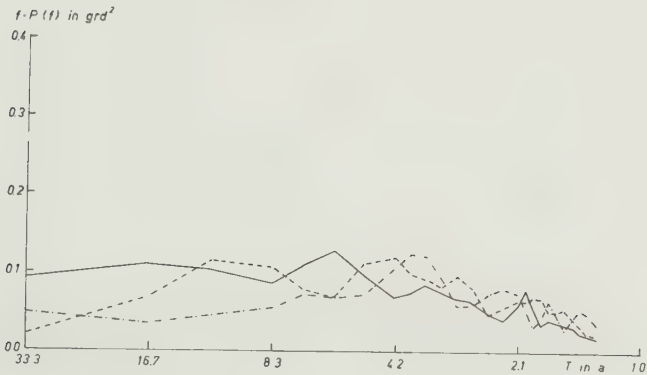


Abb. 25: Varianzspektren der Lufttemperatur: San Francisco (ausgezogen), Sao Paulo (gestrichelt) und Buenos Aires (strichpunktiert).

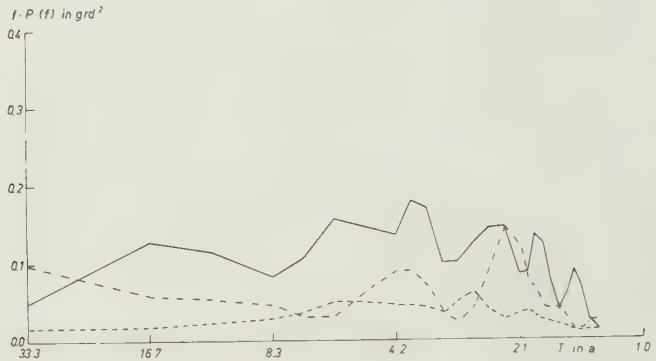


Abb. 26: Varianzspektren der Lufttemperatur: Jerusalem (ausgezogen), Bombay (gestrichelt) und Tokyo (strichpunktirt).



Abb. 27: Varianzspektren der Lufttemperatur: Kapstadt (ausgezogen) und Adelaide (gestrichelt).

Varianz (Subtropeneinfluß?) doch zwei deutliche Maxima bei 2.1a und 4.2a . Das Spektrum von De Bilt (Abb. 20, gepunktet) weist beispielsweise auch Maxima bei 2.1a und zwischen 4a und 5a auf, daneben aber auch ein bei Tokyo fehlendes Nebenmaximum bei 3.3a . Das Spektrum von Jerusalem (Abb. 26, ausgezogen) ist möglicherweise ein Übergangsspektrum zwischen den Spektren des westlichen Mittelmeeres (Abb. 23) und Spektren des vorderasiatischen und nordafrikanischen Raumes, die nicht vorliegen. Maxima um 2a, bei knapp 4a und bei etwa 5a sind beim Spektrum von Jerusalem dominierend.

Die Varianzspektren von Kapstadt (Abb. 27, ausgezogen) und Adelaide (gestrichelt) ordnen sich wieder in die Reihe sehr ähnlicher Spektren aus den Subtropen ein. Inwieweit sich der maritime Einfluß auf die Spektren im Bereich $T > 1a$ auswirkt, kann bei der Grobmaschigkeit des benützten Stationsnetzes nicht abgeschätzt werden.

An Hand der Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse der Lufttemperatur, wie sie die Abbildungen 17-27 zeigen und wie sie vorstehend besprochen wurden, läßt sich eine Typisierung der Spektren durchführen, die sich an geographische Begriffe anlehnen soll. Man könnte ein derartiges Schema als "regionale Zuordnung" der Spektren bezeichnen. Dies ist versucht worden und in der Tabelle 2 wiedergegeben. Die erste Spalte dieser Tabelle enthält die Bezeichnung des Typs für die Spektren der in der zweiten Spalte genannten Stationen. In der dritten Spalte folgt die Charakteristik der Spektren für die einzelnen Typen bzw. Einzelbeispiele aus dem außereuropäischen Raum. Auch die Abbildungen 17-27 sind bereits nach diesem Schema zusammengestellt. In der Tabelle 2 folgen nun vier Spalten, in denen für die ganze Reihe (Zeitraum siehe Tabelle 1) die Varianz $\bar{s}^2$ der Monatsmittel, sowie die in VI,1 definierten Indizes $IV(va)$, $IV(st)$ und $IV(di)$ angegeben sind. Dabei sollen $\bar{s}^2$ die Varianz für $T > 1mon$ (berechnet aus unveränderten Monatsmitteln), $IV(va)$ die Varianz im Periodenbereich $1a < T < 33.3a$ (bestimmt aus den aus übergreifenden Zwölfmonatsmitteln berechneten Spektren), $IV(st)$ die "Struktur" der Spektren (vergl. VI,1,b) und $IV(di)$ das Verhältnis der in den Spektren enthaltenen Varianz im Bereich $1a < T < 2.7a$ zum Bereich $2.8a < T < 33.3a$ wiedergeben. Die restlichen fünf Spalten geben für den einheitlichen Ver-

Typ	Station	Charakteristik der Spektren	ganze Reihe *)					1860 - 1960 **)			
			σ^2	IV(va)	IV(st)	IV(di)	σ^2	$\bar{x}$ (Mittel)	A (Jahres- ampli- tude)	φ (geogr. Breite)	K (Konti- nenta- lität)
			grad^2	grad^2	grad^2	1	grad^2	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	Grad	+++)
Mittel- europäischer Typ	Basel	zwei deutliche Maxima: 2.2a, 3.3a mit Max 2.2 $\approx$ Max 3.3	47.46	3.74	0.47	1.04	45.94	9.08	18.49	48	22
	Hohenpeißenberg		42.11	4.45	0.68	1.03	41.44	6.18	16.84	48	18
	München		53.38	4.42	0.63	1.02	52.64	7.65	19.43	48	24
	Wien		60.28	4.58	0.65	0.90	56.79	9.33	20.70	48	27
	Budapest		73.16	4.55	0.82	1.04	70.13	10.91	22.81	47	33
	Sibiu		72.24	5.73	0.93	1.22	72.28	8.79	23.62	46	35
Mittel- europäischer Übergangstyp 1. Stufe	Prag	drei deutliche Maxima: 2.2a, 3.3a, 5a mit Max 2.2 $\approx$ Max 3.3 und Max 3.3 > Max 5	59.71	5.25	0.62	0.95	56.44	9.38	20.34	50	25
	Berlin		54.19	5.18	0.41	1.10	50.23	9.20	19.02	52	21
Mittel- europäischer Übergangstyp 2. Stufe	Frankfurt	wie oben, aber Max 3.3 < Max 5	46.91	3.64	0.27	0.94	45.96	9.86	18.36	50	20
	Emden		35.83	4.43	1.09	0.79	35.12	8.65	15.61	53	13
	De Bilt		38.88	3.64	0.58	1.00	38.47	10.08	16.41	52	15
	Kiel		38.69	4.16	0.46	1.07	38.01	7.84	16.43	54	14
Nord- europäischer Typ	Uppsala	zwei sehr hohe Maxima: 2.2a, 5a	60.93	7.94	1.24	1.10	60.46	5.17	21.08	60	21
	Helsinki		72.31	9.62	1.33	0.93	71.92	4.66	23.50	60	26
Weitere europäische Spektren	Stykkisholm	zwei deutliche Maxima: 2.2a, 3.3a bei kl. IV(va)	24.83	4.38	0.82	0.94	24.60	4.04	12.61	65	3
	Edinburgh		19.35	2.39	0.28	1.23	17.92	8.45	11.14	56	2
	Rom	kein deutliches Maximum	40.86	1.95	0.09	1.71	41.11	15.55	17.86	42	25
	Gibraltar		15.89	1.35	0.06	0.80	15.94	17.94	11.03	36	12

(Fortsetzung folgende Seite)

(Fortsetzung)

(Fortsetzung)			ganze Reihe *)				1860 - 1960 **)				
Typ	Station	Charakteristik der Spektren	σ^2	IV(va)	IV(st)	IV(di)	σ^2	$\bar{x}$	A	φ	K
Außer- europäische Spektren	Toronto New Haven	zwei deutliche Maxima: 2.2a, 2.8a	90.51 79.51	4.71 3.15	0.31 + 0.35	0.93 0.90	90.66 78.03	7.75 9.96	25.92 24.08	44 41	43 42
	San Francisco Sao Paulo Buenos Aires	kein deutl. Maximum	5.11 6.83 24.68	1.76 1.84 1.76	0.05 0.10 0.08	0.83 0.72 0.91	4.91 6.83 24.84	13.02 17.94 16.36	5.04 6.68 13.59	38 24.5 35.5	-6 7 19
	Jerusalem	kleine Maxima: 2.2a, 3.3a, u.a.	34.91	2.75	0.42	0.86	34.91	16.92	15.90	32	31
	Bombay	kein deutl. Maximum	3.29	0.85	++	0.93	3.29	27.17	5.84	19	10
	Tokyo	deutl. Maximum 2.2a kleines bei 4a	62.02	1.53	0.29 +	1.07	62.02	14.13	22.70	36	45
	Kapstadt	kein deutl. Maximum	10.67	1.02	++	1.22	10.70	17.00	8.73	34.5	6
	Adelaide	kleine Maxima: 2a, 4a	19.29	1.57	0.23	1.28	19.12	17.08	11.96	35.5	15

- +) langperiodischer Endpunkt der Ordinate des Spektrums wegen möglichem Homogenisierungsfehler durch folgendes Minimum ersetzt (vergl. VI,1,C und VI,1,b);
- ++) kein Maximum genügt der für IV(st) definierten Bedingung;
- +++ nach Gorczynski, siehe Anhang 1;
- *) jeweilige Reihenhänge siehe Tabelle 1;
- **) die Reihen von Sao Paulo, Jerusalem, Bombay und Tokyo beginnen nach 1860, siehe Tabelle 1.

Tabelle 2: Schema der analysierten Temperatur-Varianzspektren (vergl. Text).

gleichszeitraum 1860-1960 die Varianz σ^2 der Monatsmittel, das mittlere Monatsmittel (identisch mit dem Jahresmittel) $\bar{x}$, die Jahresamplitude A des mittleren Jahresganges der Monatsmittel, die geographische Breite φ sowie die Kontinentalität K nach W. Gorczynski (vergl. Anhang 1) an. Weitere mittlere klimatologische Angaben enthält der Anhang 4.

Während die Werte für den Vergleichszeitraum 1860-1960, die in der Tabelle 2 und im Anhang 4 enthalten sind, eine Art Abfallprodukt der vorliegenden Analyse darstellen (zum Vergleich mit bereits vorliegenden ähnlichen Ergebnissen sind sie hier wiedergegeben), stellen die Werte der Tabelle 2, die sich auf die jeweils ganze Reihe beziehen, den Versuch dar, die errechneten Temperatur-Varianzspektren quantitativ zu beschreiben. Dadurch soll, soweit möglich, die vorgenommene Typisierung der Temperatur-Varianzspektren untermauert werden.

Es zeigt sich nun, daß die Indizes IV(va) und IV(st) diesen Zweck bis zu einem gewissen Grade erfüllen, der Index IV(di), der in verwandter Form in [198] verwendet worden ist, jedoch nicht. Auch die zum Vergleich angegebene Varianz σ^2 der Monatsmittel erfüllt diesen Zweck nicht. Zum Vergleich sind jedoch IV(di) und σ^2 in der Tabelle 2 mit angegeben.

Die Spektren des "mitteleuropäischen Typs" einschließlich der Übergangstypen weisen Werte des Index IV(va) zwischen 3.64 grad^2 und 5.73 grad^2 auf, während sich für Spektren des "nordeuropäischen Typs" IV(va)-Werte von 7.94 grad^2 bzw. 9.62 grad^2 errechnen. Dies sind die höchsten IV(va)-Werte aller untersuchter Reihen. Hinsichtlich der σ^2 -Werte ergeben sich diese Unterschiede nicht: Vergleicht man beispielsweise den σ^2 -Wert von Budapest (73.16 grad^2) mit den Werten von Uppsala (60.93 grad^2) und Helsinki (72.31 grad^2), so bewegt man sich in der gleichen Größenordnung. Der IV(va)-Wert von Uppsala ist sogar geringer als der von Budapest. Schon dieses eine Beispiel zeigt, daß kein Zusammenhang zwischen σ^2 und den hier definierten Typen von Spektren besteht.

Dagegen bestehen hinsichtlich IV(st) wieder deutliche Unterschiede zwischen den Spektren des "mitteleuropäischen Typs" (ein-

schließlich Übergangstypen) und dem "nordeuropäischen Typ": Im ersten Fall liegen die $IV(st)$ -Werte zwischen 0.27 grd^2 und 1.09 grd^2 , im zweiten Fall bei 1.24 grd^2 bzw. 1.33 grd^2 . Auch der Index $IV(st)$ erreicht im Fall des "nordeuropäischen Typs" die höchsten Werte aller untersuchten Reihen.

Rom und Gibraltar als Beispiele für den westlichen Mittelmeerraum zeigen mit $IV(va)=1.95 \text{ grd}^2$ bzw. $IV(va)=1.35 \text{ grd}^2$ und mit $IV(st)=0.09 \text{ grd}^2$ bzw. $IV(st)=0.06 \text{ grd}^2$ sehr tiefe Werte, die außerhalb Europas noch in den Spektren von San Francisco, Sao Paulo, Buenos Aires, Bombay und Kapstadt in der gleichen Größenordnung auftauchen. Für die Spektren außerhalb Europas sowie für die Spektren von Edinburgh und Stykkisholm konnte eine Typisierung jedoch nicht gewagt werden. (Ein einziges Beispiel, wie in den Fällen Jerusalem, Bombay, Tokyo, Kapstadt und Adelaide ist keinesfalls ausreichend, um daraus regionale Typen von Spektren abzuleiten.) Es ist aber durchaus denkbar, daß sich bei wesentlicher Vergrößerung der Anzahl der analysierten Temperaturreihen, was wegen der Forderungen an die Reihenlänge nicht möglich war, auch in anderen Teilen Europas und außerhalb Europas ähnliche Typisierungen angeboten hätten wie in den Fällen Mitteleuropa, Nordeuropa und (mit Einschränkungen) westliches Mittelmeergebiet.

Der für die vorliegende Analyse wesentliche Inhalt der Tabelle 2 kann wie folgt zusammengefaßt werden:

Mitteleurop. Typ einschließlich Übergangstypen	}	$IV(va): 3.64-5.73 \text{ grd}^2$; $IV(st): 0.27-1.09 \text{ grd}^2$ ($\approx 3-6 \text{ grd}^2$) ($\approx 0.2-1.1 \text{ grd}^2$)
Nordeurop. Typ		$IV(va): 7.94-9.62 \text{ grd}^2$; $IV(st): 1.24-1.33 \text{ grd}^2$ ($\approx 7-10 \text{ grd}^2$) ($\approx 1.2-1.4 \text{ grd}^2$)
Rom, Gibraltar (westliches Mittelmeer- gebiet	}	$IV(va): 1.35-1.95 \text{ grd}^2$; $IV(st): 0.06-0.09 \text{ grd}^2$ ($\approx 1-2 \text{ grd}^2$) ($\approx 0.1 \text{ grd}^2$)

Der Versuch, die Kontinentalität (Definition siehe Anhang 1) mit den Typen der Varainzspektren in Zusammenhang zu bringen, ist nicht geglückt. (Lediglich die tiefen K-Werte des westlichen Mit-

telmeerraumes sowie von San Francisco, Sao Paulo, Bombay und Kapstadt fallen auf; dabei handelt es sich aber um keine Neuigkeit.)

Nach der Aufdeckung der Tatsache, daß es im Fall der Lufttemperatur für den Periodenbereich $1a < T < 33.3a$ keinen auch nur annähernd gleichen Typ des Varianzspektrums in globaler Sicht gibt, lautet die nächste Frage: Wie kommt das in der vorliegenden Analyse aufgedeckte Auftreten ähnlicher bis innerhalb der Fehlergrenzen fast identischer Varianzspektren gegenüber anderen, sich davon so stark unterscheidenden Spektren zustande? Handelt es sich um großräumige systematische Vorgänge oder gehen die beschriebenen Varianzmaxima lediglich auf singuläre Zufallsercheinungen zurück (d.h. auf eine oder auf sehr wenige Zufallsschwankungen sehr großer Amplitude)? Um diese Frage zu beantworten, müssen die in den Spektren bevorzugt auftretenden Schwankungen gut voneinander getrennt im Zeitbereich betrachtet werden.

Zu diesem Zweck wurden auf die in IV,2 und im Anhang 2 angegebene Weise Filtergewichte berechnet, die eine auf die vorliegenden Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse zugeschnittene numerische Bandpaßfilterung erlauben. Angewendet wurden die Filter F'_{26} , F'_{40} und F'_{60} , deren Gewichte im Anhang 2 angegeben sind und deren "Breite" in IV,2 definiert und in der Abb. 12 dargestellt ist. Mit diesen Filtern wurden sämtliche in der Tabelle 1 aufgeführten Zeitreihen (wiederum in Form von übergreifenden Zwölfmonatsmitteln) behandelt, was eine Faltung im Zeitbereich bedeutet.

Zuerst soll die numerische Bandpaßfilterung der Lufttemperatur von München mit dem Filter F'_{26} betrachtet werden. Dieses Filter hat die Eigenschaft, bei $T^* = 26\text{mon}$ die Filtercharakteristik $R(f) = 1$ (d.h. volle Durchlässigkeit) zu besitzen und abgesehen von kleineren Nebenmaxima alle Schwankungen $T < 19.5\text{mon}$ und $T > 34.7\text{mon}$ zu unterdrücken. $R(f)$ fällt von T^* aus in Richtung kleinerer sowie größerer T stetig ab. Wiedergegeben werden Abweichungen von dem als Null definierten Mittelwert, so daß die Amplituden sofort aus den graphischen Darstellungen abgelesen werden können. (Näheres, auch für F'_{40} und F'_{60} siehe IV,2 und Anhang 2.)

Man erkennt zunächst, daß im Fall der Lufttemperatur von München und bei Anwendung von F'_{26} (Abb. 28-30) die gefilterte Schwankung während des ganzen erfaßten Zeitraumes vorliegt. Das bedeutet, daß das Maximum bei $T=2.2a \approx 26\text{mon}$ im entsprechenden Varianzspektrum nicht auf ein singuläres Zufallsereignis, sondern auf einen systematischen Vorgang zurückgeht. Dabei schwankt die Amplitude etwa zwischen 1 und 2 grd. Die gefilterte Kurve könnte auch ganz anders aussehen, nämlich eine oder wenige Schwankungen sehr großer Amplitude aufweisen und im übrigen Zeitbereich nur im Rahmen der Genauigkeit der Werte (Amplituden um 0.2 grd) schwanken. Solche geringen Schwankungen erhält man tatsächlich, wenn man beispielsweise die Temperaturreihe von San Francisco ebenfalls mit F'_{26} filtert (Abb. 29, unten). Tatsächlich gibt das Spektrum von San Francisco, Abb. 25 (ausgezogenen Kurve) kaum mehr als das sog. weiße Rauschen wieder. Die Abb. 28 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus der beschriebenen gefilterten Temperaturreihe von München (Abb. 30). Aus den Abbildungen 28-30 erkennt man, daß der durchaus unterschiedliche Verlauf der 26monatigen Schwankung in allen Einzelheiten

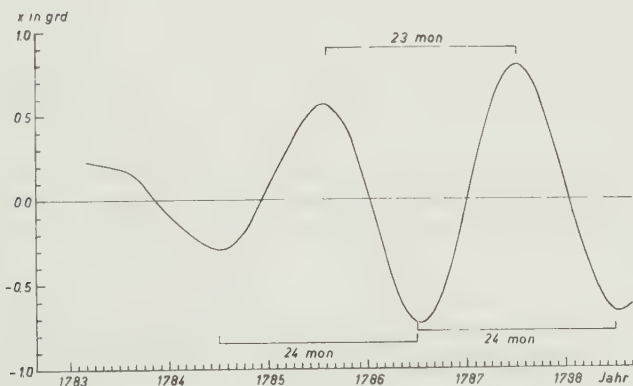


Abb. 28: Lufttemperatur München, übergreifende Zwölfmonatsmittel, nach der Filterung mit F'_{26} . Dieses Filter besitzt für $T^*=26\text{mon}$ maximale Durchlässigkeit; vergl. Text.

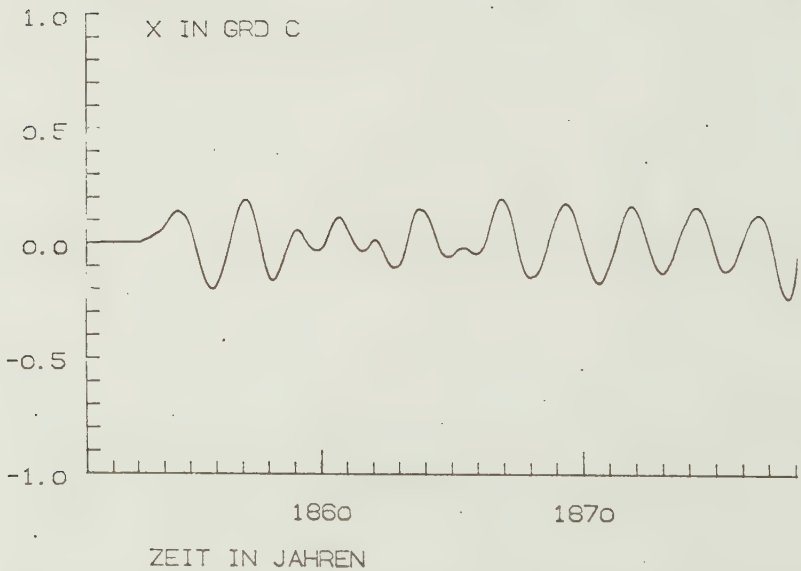
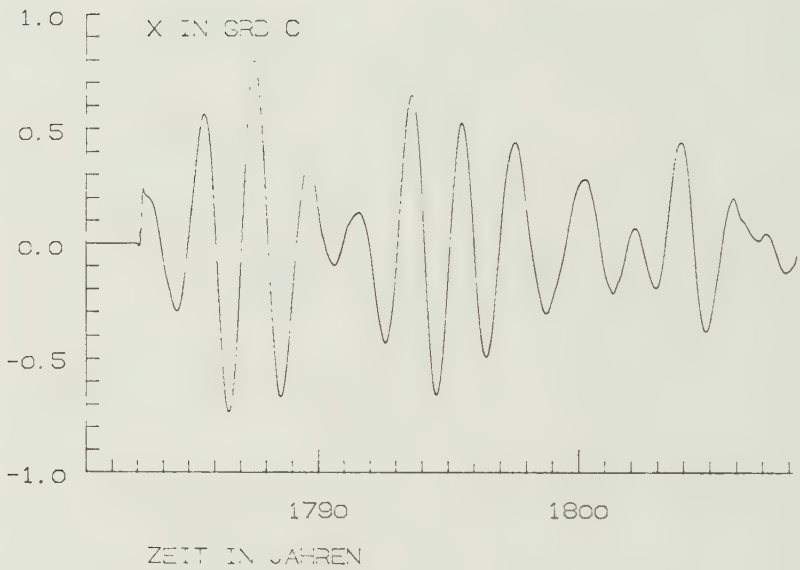


Abb. 29: Übergreifende Zwölfmonatssmittel der Lufttemperatur. oben München, unten San Francisco, für verschiedene Zeiträume, nach der Filterung mit F'_{26} .

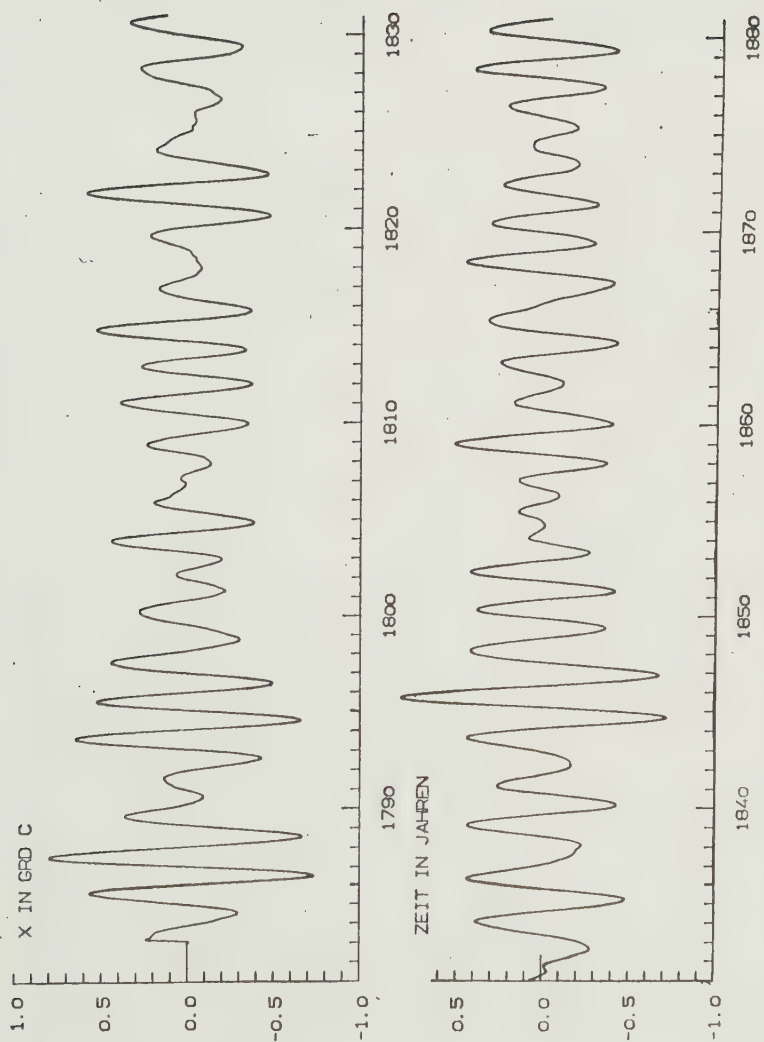


Abb. 30 (diese und folgende Seite): Übergreifende Zwölfmonatsmittel der Lufttemperatur von München, ganze Reihe, nach der Filterung mit F'_{26} .

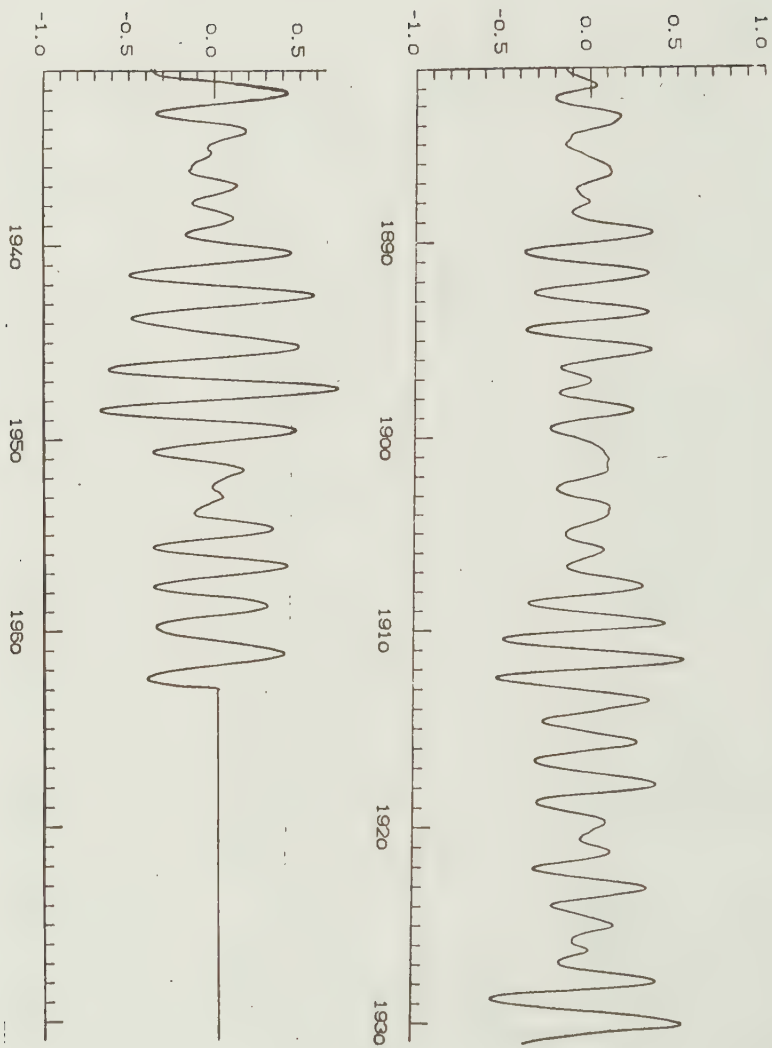


Abb. 30, Fortsetzung.

studiert werden kann. Die Unterschiede bestehen in ständig wechselnder Amplitude und Periode, wobei die Unterschiede in der Periode auch als ständige Phasenverschiebungen gedeutet werden können. Diese ständigen Wechsel sind eine unangenehme Eigenschaft der gefilterten Kurven, da sie ohne erkennbare Systematik auftreten.

In ähnlicher Weise läßt sich die mit F'_{40} gefilterte Temperaturreihe von München (Anhang 3 ; dort ist eine Auswahl weiterer gefilterten Reihen graphisch wiedergegeben) interpretieren, und zwar völlig unabhängig von der 26monatigen Schwankung, was durch die vorliegende Filterung in sehr engen Periodenbereichen erreicht wird (vergl. Anhang 2a, insbesondere Abb. 49). Auch in diesem Fall ist die gefilterte zeitliche Schwankung während der ganzen erfaßten Zeit ständig vorhanden. Auch wechseln wie bei der 26monatigen Schwankung ständig Amplitude und Periode bzw. Phase.

Nimmt man nun die zunächst wieder mit F'_{26} gefilterten Temperaturreihen von Basel und vom Hohenpeißenberg zur Münchener Reihe dazu (Anhang 3), so kommt man zu dem frappierenden Ergebnis, daß sich diese gefilterten Zeitreihen fast aufs Haar gleichen. Zu keinem anderen Ergebnis kommt man bei Betrachtung der mit F'_{40} gefilterten Temperaturreihen dieser Stationen (Anhang 3). Nicht nur allgemeine Aussagen wie ständiges Vorhandensein der gefilterten Schwankungen und mittlere Amplitude gelten für alle drei Reihen, sogar der zeitliche Ablauf mit allen Charakteristika ist fast völlig gleich. Ähnlich verhalten sich auch alle anderen gefilterten Temperaturreihen des mitteleuropäischen Typs. Das bedeutet, daß in Basel wie in Budapest der gleiche Wirkungsmechanismus am Werk sein muß, der die Schwankungen mit Perioden um 2.2a bestimmt. Die gleiche Aussage gilt für die Schwankungen mit Perioden um 3.3a. Es ist auch denkbar, daß für die beiden genannten Schwankungen der gleiche Wirkungsmechanismus verantwortlich zu machen ist; dies kann aber hier noch nicht entschieden werden.

Zwar liegt die Entfernung Basel-Budapest in der Größenordnung synoptischer Erscheinungen (Hoch- und Tiefdruckgebiete, Höhen-

keile und -tröge), die Entfernung Wien-Prag oder Wien-Berlin aber erst recht. Die mittleren klimatischen Verhältnisse von Basel und Budapest unterscheiden sich erheblich. Es bleibt zur Erklärung nur ein unbekannter terrestrischer Wirkungsmechanismus übrig, der weder in der Synoptik noch in der Mittelwertsklimatologie gesucht werden kann.

Ein terrestrischer Mechanismus muß deswegen entscheidende Bedeutung haben, weil sich in anderen Gebieten als dem eben besprochenen mitteleuropäischen Raum nördlich der Alpen sowohl die Varianzspektren als auch die gefilterten Reihen grundlegend ändern. Die weiteren gefilterten Temperaturreihen (Anhang 3) zeigen alle die an Hand der wenigen Beispiele besprochenen Eigenschaften, wobei zu unterschiedlichen Typen von Varianzspektren auch unterschiedliche Typen von gefilterten Reihen gehören, die sich vor allem in Amplitude und zeitlichem Ablauf der Schwankungen unterscheiden.

Bevor nun die Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse und der numerischen Bandpaßfilterung bezüglich der Niederschlagsreihen vorgelegt werden, soll am Beispiel der Temperaturreihe von München und am Beispiel des Filters F'_{26} gezeigt werden, daß sich die Ergebnisse der numerischen Bandpaßfilterung der Temperaturreihen noch weitgehend auswerten lassen.

Die Tabelle 3 enthält die Zahlenwerte der in Abb. 30 dargestellten mit F'_{26} gefilterten Temperaturreihe von München in Form von Abweichungen vom als Null definierten Mittelwert in $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$. In dieser Tabelle lassen sich Maxima und Minima der gefilterten Reihe auf den Monat genau bestimmen. In der Tabelle 4 sind nun Monat und Jahr angegeben, für die die gefilterte Kurve ein Minimum oder ein Maximum annimmt. Die erste Spalte dieser Tabelle enthält die Monats- und Jahresdaten der Minima, die zweite Spalte die entsprechenden Daten der Maxima. Die Perioden, die sich aus den Abständen der Minima ergeben, sind in der dritten Spalte wiedergegeben. In der vierten Spalte finden sich die aus den Abständen der Maxima bestimmten Perioden. Vernachlässigt man die Extremwerte, deren Ordinatendifferenz zum vorangehenden Extremwert $\Delta x \leq 0.03$ grad beträgt (eingeklammerte Werte), so verbleiben

Tabelle 3 (diese und folgende Seiten): Zahlenwerte der in Abb. 30 graphisch dargestellten Reihe übergreifender Zwölfmonatsmittel der Lufttemperatur von München nach der Filterung mit F_{26}^{*} (Computerausdruck in $1/10$ grd).

GEFILTERTE REIHE N UZM MÜNCHEN , ENGPASS 26 M												
1781	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1782	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1783	0.0	0.0	2.27	2.16	2.93	2.00	1.89	1.71	1.37	0.88	0.33	-0.24
1784	-0.85	-1.37	-1.74	-2.10	-2.51	-2.80	-2.94	-2.88	-2.56	-1.79	-1.20	-0.28
1785	0.70	1.65	2.54	3.50	4.41	5.07	5.54	5.61	5.34	4.72	3.72	2.21
1786	0.53	-1.22	-3.00	-4.67	-5.99	-6.87	-7.33	-7.26	-6.72	-5.73	-4.30	-2.42
1787	-0.33	1.82	3.88	5.63	6.92	7.72	7.94	-7.68	6.90	5.71	4.23	2.56
1788	0.81	-0.38	-2.68	-4.07	-5.25	-6.19	-6.65	-6.63	-6.21	-5.43	-4.43	-3.25
1789	-2.04	-0.83	0.33	1.36	2.22	2.95	3.42	3.58	3.47	3.07	2.59	1.94
1790	1.22	0.60	0.22	-0.16	-0.49	-0.72	-0.88	-0.98	-0.92	-0.72	-0.45	-0.10
1791	0.31	0.66	0.84	1.00	1.14	1.23	1.32	1.31	1.15	0.89	0.54	0.10
1792	-0.54	-1.29	-2.07	-2.81	-3.40	-3.83	-4.24	-4.35	-4.10	-3.58	-2.86	-1.86
1793	-0.51	1.04	2.54	3.88	5.00	5.70	6.28	6.39	6.11	5.35	4.26	2.33
1794	1.11	-0.75	-2.54	-4.06	-5.30	-6.20	-6.53	-6.50	-6.01	-5.17	-3.94	-2.43
1795	-0.81	0.81	2.35	3.61	4.53	5.09	5.18	4.87	4.20	3.23	2.06	0.69
1796	-0.77	-2.17	-3.33	-4.17	-4.72	-4.95	-4.88	-4.48	-3.80	-2.79	-1.64	-0.47
1797	0.74	1.90	2.75	3.36	3.84	4.18	4.36	4.29	4.02	3.45	2.70	1.70
1798	1.12	0.33	-0.29	-0.83	-1.44	-1.92	-2.39	-2.80	-3.03	-3.07	-2.94	-2.63
1799	-2.34	-2.02	-1.71	-1.32	-0.92	-0.46	0.05	0.64	1.15	1.66	2.05	2.34
1800	2.57	2.69	2.73	2.73	2.57	2.23	1.87	1.41	0.87	0.23	-0.44	-1.06
1801	-1.49	-1.80	-2.00	-2.21	-2.15	-1.88	-1.66	-1.42	-1.04	-0.58	-0.11	0.28
1802	0.52	0.63	0.59	0.43	0.12	-0.31	-0.69	-1.06	-1.41	-1.72	-1.93	-2.01
1803	-1.90	-1.55	-1.00	-0.22	0.67	1.61	2.50	3.30	3.85	4.20	4.32	4.28
1804	3.91	3.29	2.38	1.29	0.13	-1.00	-2.05	-2.85	-3.44	-3.80	-3.88	-3.76
1805	-3.34	-2.80	-2.15	-1.54	-0.86	-0.13	0.58	1.10	1.52	1.91	1.93	1.76
1806	1.44	1.14	0.93	0.90	0.74	0.55	0.39	0.26	0.15	0.10	0.06	0.18
1807	0.34	0.37	0.34	0.22	-0.01	-0.29	-0.57	-0.89	-1.13	-1.29	-1.35	-1.31
1808	-1.24	-1.12	-0.97	-0.66	-0.20	0.42	1.04	1.64	2.05	2.29	2.32	2.18
1809	1.97	1.49	1.03	0.46	-0.19	-0.89	-1.61	-2.30	-2.84	-3.22	-3.43	-3.54
1810	-3.40	-3.00	-2.33	-1.46	-0.58	0.24	1.08	1.33	2.56	3.10	3.52	3.79
1811	3.87	3.59	2.91	2.14	1.30	0.32	-0.69	-1.60	-2.39	-3.06	-3.50	-3.71
1812	-3.72	-3.38	-2.73	-1.92	-0.99	0.02	0.92	1.65	2.20	2.55	2.66	2.52
1813	2.19	1.62	0.83	0.01	-0.96	-1.89	-2.60	-3.10	-3.35	-3.31	-3.03	-2.47
1814	-1.64	-0.52	0.76	1.91	2.97	3.93	4.61	5.04	5.25	5.11	4.73	4.09
1815	3.20	2.06	0.76	-0.46	-1.46	-2.31	-2.99	-3.41	-3.66	-3.68	-3.47	-3.08
1816	-2.52	-1.87	-1.17	-0.43	0.09	0.53	0.93	1.24	1.45	1.62	1.66	1.60
1817	1.37	1.12	0.84	0.46	0.18	-0.09	-0.36	-0.49	-0.58	-0.66	-0.74	-0.78
1818	-0.70	-0.63	-0.56	-0.47	-0.47	-0.43	-0.29	-0.22	-0.16	-0.10	0.07	0.31
1819	0.61	0.92	1.25	1.54	1.83	2.09	2.19	2.15	1.99	1.71	1.32	0.76
1820	-0.06	-0.91	-1.77	-2.60	-3.34	-4.00	-4.49	-4.74	-4.66	-4.34	-3.86	-3.06
1821	-1.95	-0.65	0.67	2.04	3.25	4.30	5.12	5.61	5.85	5.74	5.31	4.66
1822	3.79	2.71	1.43	0.10	-1.13	-2.28	-3.27	-4.00	-4.45	-4.61	-4.47	-4.13
1823	-3.69	-3.17	-2.53	-1.79	-1.11	-0.47	0.23	0.34	1.28	1.62	1.84	1.88
1824	1.85	1.67	1.50	1.38	1.25	1.14	1.03	0.85	0.67	0.48	0.20	-0.06
1825	-0.18	-0.13	-0.15	-0.25	-0.34	-0.38	-0.37	-0.34	-0.29	-0.30	-0.28	-0.29
1826	-0.42	-0.69	-1.01	-1.30	-1.51	-1.55	-1.79	-1.93	-1.78	-1.64	-1.47	-1.36
1827	-1.25	-1.09	-0.78	-0.30	0.20	0.63	1.15	1.66	2.05	2.28	2.45	2.61
1828	2.71	2.32	2.85	2.65	2.38	1.94	1.34	0.58	-0.23	-0.99	-1.64	-2.17
1829	-2.53	-2.75	-2.91	-3.01	-3.06	-2.91	-2.58	-2.09	-1.45	-0.76	-0.28	0.60
1830	1.21	1.76	2.25	2.67	3.06	3.35	3.44	3.29	2.97	2.49	1.90	1.32

1831	0.93	0.59	0.40	0.25	0.09	-0.13	-0.27	-0.33	-0.32	-0.25	-0.23	-0.24
1832	-0.39	-0.66	-1.05	-1.46	-1.92	-2.33	-2.64	-2.81	-2.85	-2.73	-2.65	-2.46
1833	-2.25	-1.76	-1.53	-1.01	-0.44	0.20	0.85	1.50	2.07	2.58	3.03	3.39
1834	3.67	3.02	3.63	3.24	2.56	1.75	0.83	-0.22	-1.31	-2.32	-3.12	-3.74
1835	-4.25	-4.63	-4.78	-4.84	-4.50	-3.71	-3.05	-2.10	-1.04	-0.05	0.86	1.63
1836	2.37	3.05	3.67	4.13	4.31	4.33	4.08	3.70	3.17	2.55	1.87	1.24
1837	0.65	0.11	-0.47	-0.76	-1.01	-1.32	-1.65	-1.37	-1.89	-1.97	-2.00	-2.11
1838	-2.22	-2.32	-2.29	-2.13	-1.77	-1.18	-0.43	0.25	0.99	1.82	2.54	3.31
1839	3.90	4.22	4.30	4.17	3.76	3.07	2.23	1.25	0.20	-0.96	-2.64	-3.68
1840	-3.82	-4.22	-4.34	-4.25	-3.77	-3.43	-2.91	-2.00	-1.17	-0.26	0.69	1.54
1841	2.17	2.52	2.59	2.50	2.27	1.99	1.52	0.92	0.37	-0.09	-0.56	-1.04
1842	-1.34	-1.61	-1.72	-1.73	-1.69	-1.53	-1.54	-1.36	-1.10	-0.79	-0.43	0.04
1843	0.47	1.05	1.62	2.23	2.35	3.40	3.87	4.23	4.34	4.18	3.69	2.89
1844	1.92	0.74	-0.60	-2.14	-3.66	-5.03	-6.18	-6.91	-7.21	-7.09	-6.50	-5.50
1845	-4.30	-2.30	-1.34	0.93	2.36	4.69	6.21	7.33	7.99	8.19	7.93	7.18
1846	6.12	4.76	3.20	1.40	-0.36	-2.00	-3.50	-4.77	-5.75	-6.45	-6.79	-6.76
1847	-6.43	-5.77	-4.95	-3.94	-2.73	-1.72	-0.60	0.48	1.46	2.26	2.93	3.45
1848	3.87	4.07	4.16	4.11	3.89	3.49	2.96	2.20	1.40	0.60	-0.33	-1.24
1849	-2.02	-2.64	-3.15	-3.49	-3.67	-3.64	-3.42	-2.91	-2.27	-1.49	-0.47	0.65
1850	1.74	2.67	3.35	3.68	3.77	3.64	3.34	2.83	2.13	1.33	0.38	-0.78
1851	-1.98	-3.02	-3.77	-4.14	-4.22	-4.01	-3.59	-2.91	-2.05	-1.04	-0.02	1.17
1852	2.26	3.13	3.77	4.07	4.15	3.94	3.45	2.83	2.07	1.24	0.39	-0.60
1853	-1.51	-2.03	-2.51	-2.73	-2.80	-2.61	-2.21	-1.72	-1.17	-0.66	-0.19	0.29
1854	0.71	0.82	0.75	0.58	0.44	0.26	0.10	-0.05	-0.14	-0.17	-0.13	-0.04
1855	0.04	0.22	0.54	0.93	1.21	1.39	1.39	1.25	1.05	0.76	0.35	-0.27
1856	-0.45	-0.68	-0.90	-0.96	-0.93	-0.89	-0.88	-0.29	0.10	0.50	0.91	1.19
1857	1.39	1.43	1.37	1.05	0.57	0.06	-0.66	-1.45	-2.19	-2.83	-3.35	-3.61
1858	-3.69	-3.43	-2.92	-2.16	-1.21	-0.15	1.01	2.16	3.23	4.07	4.75	5.08
1859	5.14	4.81	4.24	3.54	2.74	1.79	0.70	-0.42	-1.55	-2.49	-3.26	-3.82
1860	-4.03	-3.89	-3.62	-3.25	-2.82	-2.33	-1.75	-1.07	-0.32	0.33	0.89	1.42
1861	1.70	1.73	1.74	1.53	1.25	0.93	0.70	0.28	-0.11	-0.40	-0.65	-0.95
1862	-1.05	-1.07	-1.12	-0.93	-0.66	-0.38	-0.01	0.47	0.94	1.38	1.76	2.08
1863	2.31	2.45	2.56	2.43	2.10	1.59	0.85	-0.02	-0.90	-1.78	-2.57	-3.17
1864	-3.69	-4.02	-4.17	-4.19	-3.93	-3.41	-2.69	-1.78	-0.77	0.26	1.15	1.89
1865	2.46	2.35	3.06	3.21	3.29	3.21	3.06	2.79	2.41	1.97	1.52	1.13
1866	0.79	0.54	0.33	0.06	-0.22	-0.51	-0.88	-1.34	-1.77	-2.23	-2.57	-2.91
1867	-3.19	-3.54	-3.78	-3.93	-3.97	-3.81	-3.36	-2.63	-1.82	-0.81	0.26	1.25
1868	2.14	3.00	3.71	4.32	4.61	4.58	4.27	3.71	3.07	2.25	1.26	0.20
1869	-0.76	-1.58	-2.20	-2.64	-2.83	-2.78	-2.55	-2.23	-1.92	-1.41	-0.71	0.18
1870	1.11	1.98	2.62	3.06	3.19	3.16	2.91	2.56	2.10	1.49	0.77	-0.03
1871	-0.85	-1.67	-2.35	-2.93	-2.96	-2.90	-2.58	-2.15	-1.59	-0.94	-0.27	0.44
1872	1.10	1.67	2.12	2.44	2.55	2.48	2.19	1.91	1.55	1.07	0.52	-0.11
1873	-0.77	-1.24	-1.50	-1.66	-1.78	-1.83	-1.78	-1.69	-1.55	-1.26	-0.90	-0.42
1874	0.13	0.58	0.78	0.85	0.89	0.83	0.84	0.80	0.64	0.30	-0.03	-0.41
1875	-0.86	-1.28	-1.57	-1.73	-1.72	-1.60	-1.45	-1.20	-0.84	-0.38	0.13	0.56
1876	0.99	1.46	1.86	2.12	2.26	2.32	2.23	1.92	1.48	0.97	0.36	-0.47
1877	-1.24	-2.03	-2.64	-2.95	-3.16	-3.25	-3.07	-2.61	-1.98	-1.20	-0.25	0.96
1878	2.11	3.15	3.89	4.20	4.23	4.04	3.62	2.98	2.12	1.05	-0.08	-1.24
1879	-2.21	-3.10	-3.71	-3.96	-3.89	-3.62	-3.22	-2.70	-1.99	-1.04	-0.04	0.89
1880	1.73	2.54	3.10	3.42	3.48	3.36	3.06	2.67	2.12	1.47	0.70	-0.09
1881	-0.74	-1.22	-1.35	-1.31	-1.14	-0.97	-0.77	-0.52	-0.23	0.00	0.21	0.38
1882	0.32	0.07	-0.50	-1.00	-1.52	-1.86	-2.01	-2.03	-1.94	-1.76	-1.44	-1.01
1883	-0.39	0.17	0.73	1.15	1.52	1.73	1.76	1.67	1.54	1.45	1.31	1.12
1884	0.76	0.39	0.01	-0.38	-0.80	-1.00	-1.07	-1.10	-1.15	-1.22	-1.32	-1.43
1885	-1.43	-1.30	-1.28	-0.89	-0.63	-0.41	-0.25	-0.07	0.16	0.38	0.58	0.77
1886	0.94	1.08	1.09	1.16	1.20	1.22	1.13	1.03	0.73	0.45	0.16	-0.15
1887	-0.38	-0.63	-0.75	-0.80	-0.74	-0.66	-0.59	-0.51	-0.35	-0.19	-0.04	-0.03
1888	-0.22	-0.42	-0.64	-0.83	-0.98	-1.05	-1.00	-0.84	-0.64	-0.38	-0.06	0.47
1889	1.15	1.91	2.60	3.14	3.46	3.56	3.45	3.12	2.63	2.03	1.32	0.47
1890	-0.55	-1.55	-2.41	-3.10	-3.56	-3.75	-3.71	-3.50	-3.13	-2.54	-1.81	-0.94

1891	-0.03	0.93	1.82	2.50	3.06	3.31	3.33	3.13	2.84	2.32	1.67	0.93
1892	0.13	-0.74	-1.58	-2.24	-2.78	-3.11	-3.21	-3.08	-2.72	-2.19	-1.48	-0.68
1893	0.17	1.15	2.03	2.69	3.10	3.35	3.31	3.04	2.49	1.76	0.77	-0.31
1894	-1.37	-2.29	-3.00	-3.40	-3.62	-3.65	-3.46	-3.00	-2.34	-1.56	-0.64	0.34
1895	1.31	2.18	2.84	3.25	3.50	3.49	3.21	2.75	2.17	1.52	0.86	0.29
1896	-0.31	-0.85	-1.29	-1.61	-1.66	-1.53	-1.25	-0.92	-0.60	-0.29	0.00	0.08
1897	0.07	0.00	-0.21	-0.51	-0.94	-1.37	-1.61	-1.74	-1.69	-1.48	-1.10	-0.42
1898	0.24	0.83	1.42	1.93	2.28	2.49	2.50	2.35	2.00	1.49	0.78	-0.01
1899	-0.66	-1.18	-1.61	-1.95	-2.17	-2.25	-2.23	-2.10	-1.82	-1.46	-1.05	-0.69
1900	-0.44	-0.17	0.12	0.28	0.46	0.61	0.72	0.81	0.87	0.90	0.99	1.08
1901	1.11	1.06	1.02	1.03	1.00	1.02	1.06	1.07	0.95	0.72	0.41	0.08
1902	-0.29	-0.67	-1.14	-1.47	-1.66	-1.80	-1.86	-1.88	-1.76	-1.59	-1.32	-1.00
1903	-0.53	0.01	0.49	0.82	1.04	1.17	1.18	1.19	1.15	1.15	1.15	1.09
1904	0.96	0.77	0.58	0.34	0.05	-0.25	-0.51	-0.82	-1.06	-1.21	-1.33	-1.32
1905	-1.33	-1.27	-1.11	-0.85	-0.50	-0.06	0.35	0.67	0.86	0.85	0.72	0.53
1906	0.33	0.03	-0.27	-0.49	-0.75	-1.01	-1.20	-1.27	-1.22	-1.03	-0.75	-0.36
1907	0.21	0.37	1.56	2.10	2.55	2.73	3.11	3.08	2.87	2.50	1.96	1.31
1908	0.39	-0.62	-1.53	-2.33	-2.95	-3.37	-3.46	-3.29	-2.85	-2.16	-1.29	-0.33
1909	0.71	1.78	2.72	3.53	4.06	4.34	4.28	3.81	2.90	1.69	0.38	-0.97
1910	-2.19	-3.28	-4.12	-4.68	-4.89	-4.80	-4.49	-3.79	-2.71	-1.34	0.20	1.70
1911	3.00	4.13	4.94	5.40	5.41	5.06	4.46	3.62	2.53	1.25	-0.18	-1.53
1912	-2.70	-3.72	-4.56	-5.12	-5.29	-5.09	-4.55	-3.77	-2.82	-1.85	-0.92	-0.01
1913	0.98	1.94	2.60	3.17	3.48	3.45	3.18	2.74	2.14	1.55	1.08	0.65
1914	0.11	-0.49	-1.13	-1.80	-2.29	-2.56	-2.65	-2.55	-2.17	-1.62	-0.99	-0.48
1915	0.06	0.60	1.22	1.93	2.46	2.77	2.83	2.70	2.36	1.78	0.99	0.28
1916	-0.37	-0.95	-1.55	-2.19	-2.72	-2.98	-3.06	-2.99	-2.77	-2.40	-1.84	-1.18
1917	-0.40	0.50	1.35	2.15	2.89	3.39	3.75	3.89	3.82	3.56	3.04	2.34
1918	1.47	0.42	-0.58	-1.45	-2.15	-2.65	-2.88	-2.96	-2.93	-2.68	-2.28	-1.81
1919	-1.34	-0.79	-0.16	0.35	0.71	0.98	1.04	1.04	1.00	0.91	0.60	0.39
1920	0.23	0.13	-0.10	-0.26	-0.34	-0.45	-0.36	-0.15	0.08	0.49	0.87	1.15
1921	1.31	1.28	1.14	0.85	0.43	-0.02	-0.61	-1.30	-1.93	-2.54	-2.96	-3.15
1922	-3.09	-2.67	-2.09	-1.37	-0.53	0.34	1.26	2.13	2.81	3.23	3.39	3.32
1923	2.94	2.42	1.83	1.30	0.68	0.01	-0.67	-1.29	-1.77	-2.04	-2.06	-1.87
1924	-1.44	-1.07	-0.66	-0.30	0.05	0.44	0.79	1.11	1.41	1.52	1.45	1.20
1925	0.79	0.37	-0.03	-0.34	-0.57	-0.73	-0.80	-0.81	-0.83	-0.72	-0.45	-0.14
1926	0.10	0.08	-0.03	-0.35	-0.73	-1.03	-1.33	-1.54	-1.62	-1.59	-1.52	-1.21
1927	-0.67	0.10	0.96	1.89	2.70	3.36	3.76	3.96	3.92	3.59	3.06	2.21
1928	1.16	-0.07	-1.43	-2.76	-3.80	-4.65	-5.18	-5.44	-5.49	-5.25	-4.73	-3.93
1929	-2.85	-1.59	-0.21	1.16	2.37	3.37	4.17	4.80	5.26	5.43	5.27	4.84
1930	4.06	3.06	2.03	1.09	0.32	-0.44	-1.12	-1.81	-2.45	-2.93	-3.30	-3.63
1931	-3.74	-3.62	-3.40	-3.06	-2.64	-2.04	-1.35	-0.57	0.23	1.09	1.90	2.82
1932	3.59	4.12	4.41	4.38	4.03	3.53	2.82	1.91	0.89	-0.20	-1.20	-2.14
1933	-2.83	-3.27	-3.45	-3.38	-3.01	-2.50	-1.89	-1.12	-0.27	0.49	1.07	1.48
1934	1.70	1.83	1.84	1.77	1.58	1.25	0.99	0.54	0.22	-0.05	-0.25	-0.37
1935	-0.40	-0.38	-0.22	-0.18	-0.24	-0.30	-0.46	-0.66	-0.91	-1.11	-1.20	-1.31
1936	-1.34	-1.33	-1.51	-1.46	-1.35	-1.09	-0.71	-0.23	0.23	0.64	0.99	1.29
1937	1.32	1.17	1.04	0.76	0.49	0.13	-0.27	-0.70	-1.01	-1.20	-1.29	-1.30
1938	-1.09	-0.74	-0.34	0.06	0.37	0.65	0.90	1.06	1.10	1.01	0.76	0.54
1939	0.20	-0.27	-0.75	-1.21	-1.49	-1.69	-1.72	-1.54	-1.19	-0.66	-0.05	0.59
1940	1.32	2.13	2.94	3.63	4.13	4.44	4.39	4.10	3.54	2.72	1.71	0.59
1941	-0.52	-1.69	-2.87	-3.75	-4.40	-4.84	-5.00	-4.89	-4.47	-3.79	-2.83	-1.74
1942	-0.70	0.49	1.80	2.95	3.95	4.76	5.41	5.73	5.71	5.34	4.61	3.66
1943	2.59	1.42	0.07	-1.18	-2.23	-3.16	-3.93	-4.53	-4.85	-4.90	-4.70	-4.37
1944	-3.92	-3.42	-2.80	-2.22	-1.66	-1.01	-0.33	0.42	1.22	1.95	2.61	3.22
1945	3.86	4.40	4.78	4.86	4.77	4.48	3.83	2.91	1.72	0.41	-0.97	-2.32
1946	-3.61	-4.73	-5.59	-5.99	-6.22	-6.21	-5.78	-5.03	-3.95	-2.62	-1.05	0.64
1947	2.31	3.90	5.29	6.24	6.85	7.15	7.03	6.50	5.55	4.21	2.64	0.84
1948	-0.95	-2.70	-4.23	-5.42	-6.20	-6.65	-6.76	-6.50	-5.86	-4.92	-3.72	-2.30
1949	-0.79	0.63	1.91	2.96	3.71	4.23	4.56	4.69	4.51	4.17	3.55	2.75
1950	1.74	0.69	-0.34	-1.28	-2.11	-2.77	-3.30	-3.64	-3.68	-3.49	-3.08	-2.50

[illegible]

DATUM		PERIODE		DATUM		PERIODE	
MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
Mon., Jahr	Mon., Jahr	(mon)	(mon)	Mon., Jahr	Mon., Jahr	(mon)	(mon)
7.1784	8.1785			6.1877	5.1878	26	23
7.1786	7.1787	24	23	4.1879	5.1880	22	24
7.1788	8.1789	24	25	3.1881	1.1882	23	(20)
8.1790	7.1791	25	(23)	8.1882	7.1883	(17)	18
8.1792	8.1793	24	25	12.1884	6.1886	28	(35)
7.1794	7.1795	23	23	4.1887	12.1887	(28)	(18)
6.1796	7.1797	23	24	6.1888	6.1889	(26)	18
10.1798	3.1800	28	32	6.1890	7.1891	24	25
4.1801	2.1802	30	(23)	7.1892	6.1893	25	23
12.1802	11.1803	(20)	21	6.1894	5.1895	23	23
11.1804	11.1805	23	24	5.1896	12.1896	23	(19)
11.1806	2.1807	(24)	(15)	8.1897	7.1898	(15)	19
11.1807	11.1808	(12)	(21)	6.1899	1.1901	22	30
12.1809	1.1811	25	26	8.1902	8.1903	(38)	31
1.1812	11.1812	25	22	11.1904	9.1905	(27)	(25)
9.1813	9.1814	20	22	8.1906	7.1907	(21)	22
10.1815	11.1816	25	26	7.1908	6.1909	23	23
12.1817	7.1819	(26)	32	5.1910	5.1911	22	23
8.1820	9.1821	32	26	5.1912	5.1913	24	24
10.1822	12.1823	26	27	7.1914	7.1915	26	26
6.1825	11.1825	*(29)	(23)	7.1916	8.1917	24	25
8.1826	3.1828	(14)	28	8.1918	8.1919	25	24
5.1829	7.1830	33	28	6.1920	1.1921	(22)	(17)
8.1831	11.1831	27	(16)	12.1921	11.1922	18	22
9.1832	2.1834	25	27	11.1923	10.1924	23	23
4.1835	5.1836	32	27	9.1925	1.1926	(22)	(15)
2.1838	3.1839	34	34	9.1926	8.1927	(12)	19
3.1840	3.1841	25	24	9.1928	10.1929	24	26
4.1842	9.1843	25	30	1.1931	3.1932	28	29
9.1844	10.1845	29	25	3.1933	3.1934	26	24
11.1846	3.1848	26	29	1.1935	4.1935	(22)	(13)
5.1849	5.1850	32	26	3.1936	1.1937	(14)	(21)
5.1851	5.1852	24	24	12.1937	9.1938	(21)	(20)
5.1853	2.1854	24	21	7.1939	6.1940	(19)	21
10.1854	7.1855	(17)	(17)	7.1941	8.1942	24	26
4.1856	2.1857	(18)	(19)	10.1943	4.1945	27	32
1.1858	1.1859	21	23	5.1946	6.1947	31	26
1.1860	3.1861	24	26	7.1948	8.1949	26	26
3.1862	3.1863	(26)	24	9.1950	8.1951	26	24
4.1864	5.1865	25	26	7.1952	1.1953	(22)	(17)
5.1867	5.1868	37	36	11.1953	10.1954	(16)	21
5.1869	5.1870	24	24	9.1955	9.1956	22	23
5.1871	5.1872	24	24	9.1957	10.1958	24	25
6.1873	5.1874	25	(24)	10.1959	3.1961	25	29
4.1875	6.1876	(22)	25	6.1962		32	

Tabelle 4: Auswertung der Tabelle 3 (gefilterte Münchener Temperaturreihe). Eintreten von Maxima und Minima sowie aus dem Abstand der Minima als auch der Maxima bestimmte Perioden. Alle Perioden, die auf Ordinatendifferenzen ≤ 0.03 grd zurückgehen, sind eingeklammert.

*) Phasensprung von 5mon angenommen.

Perioden im Bereich $18\text{mon} < T < 37\text{mon}$. Daß Perioden über das Intervall der Filtercharakteristik (Abb. 12, 49) hinaus auftreten, erklärt sich aus der endlichen Zahl der Filtergewichte und der daher auftretenden Nebenmaxima bei $R(f)$. Die Häufigkeitsverteilung der nach Anwendung des genannten Kriteriums $\Delta x \leq 0.03$ grad verbleibenden Perioden (Abb. 31) zeigt, daß die Periode $T=24\text{mon}$ am häufigsten auftritt (26 Fälle). Erst danach folgen die Perioden $T=26\text{mon}$ (19 Fälle), $T=23\text{mon}$ (18 Fälle) und $T=25\text{mon}$ (18 Fälle). Alle anderen Perioden sind wesentlich weniger häufig. Auffallend ist noch ein zweites Häufigkeitsmaximum bei $T=32\text{mon}$.

Wichtet man alle nach der Filterung verbleibenden Perioden mit den zugehörigen Amplituden, so kommt man bei der Häufigkeitsdarstellung zu einer Kurve, die dem Produkt des betreffenden Varianzspektrums (Abb. 17) mit der Filtercharakteristik von F'_{26} (Abb. 12) entspricht.

Die Häufigkeitsverteilung des Eintretens von Maxima und Minima der mit F'_{26} gefilterten Münchener Temperaturreihe auf die ver-

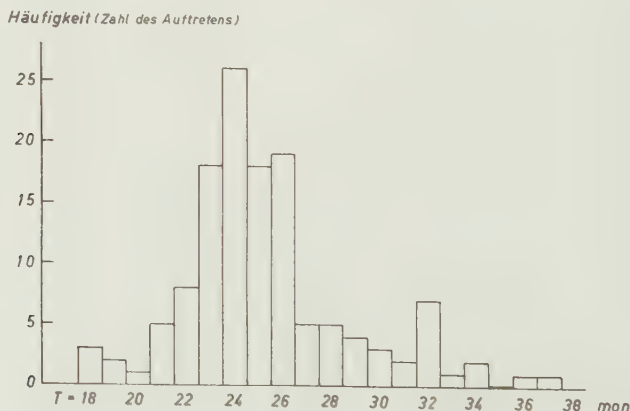


Abb. 31: Häufigkeitsverteilung der in Abb. 30 auftretenden Perioden. Als Perioden wurden sowohl die Abstände der Maxima als auch der Minima festgehalten. Vernachlässigt wurden alle Extrema, deren Ordinatendifferenz zum vorausgehenden Extremwert $\Delta x \leq 0.3$ grad beträgt (vergl. Tabelle 4).

Häufigkeit (Zahl des Auftretens)

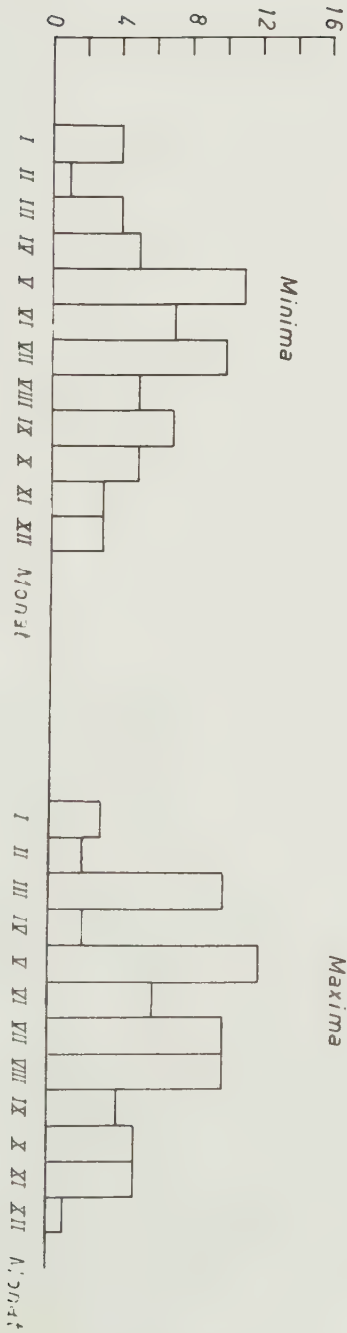


Abb. 32: Eintreten von Minima und Maxima bei Abb. 30 in Abhängigkeit von den einzelnen Monaten des Jahres. Vernachlässigungen wie bei Abb. 31 bzw. Tabelle 4.

schiedenen Monate des Jahres (Abb. 32) zeigt im Falle der Minima Häufungen im Mai und Juli (daneben im September und Januar) und im Falle der Maxima Häufungen wiederum im Mai, daneben im März und im Juli/August (sowie weniger gut ausgeprägt im Januar). Die gefilterte Temperaturreihe nimmt daher im Frühjahr und Sommer bevorzugt Extremwerte an, das gilt insbesondere für den Mai.

Würde man die mit F'_{26} gefilterten Temperaturreihen anderer Stationen noch zusätzlich betrachten, so treten neben die am Beispiel von München ausgeführten Auswertungen noch Berechnungen der Phase und Korrelation. Da dies auch für die mit F'_{40} und F'_{60} gefilterten Reihen zutreffend wäre, ebenso für sämtliche Niederschlagsreihen (auch für Luftdruck- und andere klimatologische Reihen wäre eine derartige Analyse sinnvoll), erkennt man bald, daß sich hier ein wahres Meer von Analysemöglichkeiten der Schwankungsklimatologie auftut.

3. Niederschlagsreihen

Die in VI,1,A-D besprochenen allgemeinen Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse der in der Tabelle 1 angegebenen Reihen der Lufttemperatur gelten auch für die Analyse der in der gleichen Tabelle aufgeführten Reihen des Niederschlages (übergreifende Zwölfmonatssummen). Wie bei der Temperaturanalyse hat sich auch bei der spektralen Varianzanalyse des Niederschlages gezeigt, daß es keinen globalen Typ eines Spektrums gibt, dem alle Einzelspektren ähneln. Auch der Niederschlag zeigt ganz markante Unterschiede der Varianz im analysierten Periodenbereich $1a < T \leq 33.3a$.

Eine Typisierung in der Weise, wie sie in der Tabelle 2 für die Temperaturanalyse aufgestellt werden konnte, ließ sich jedoch im Fall des Niederschlages nicht finden. Vielmehr scheint die Niederschlagsvarianz wesentlich mehr lokalen Gesetzmäßigkeiten zu unterliegen als die Temperatur. Dies ist auch verständlich, wenn man daran denkt, daß der Niederschlag wesentlich ortsspezifisch

scher auftritt als die Temperatur, die sich immer durch ein stetiges örtliches Feld erfassen läßt. Im Fall des Niederschlages spielt besonders die Orographie eine wichtige Rolle.

Dennoch soll versucht werden, eine gewisse Ordnung in die Ergebnisse der spektralen Varianzanalyse des Niederschlages zu bringen. Wenn dabei spektrale Ähnlichkeiten über größere Entfernungen als bei der Temperatur auftreten (in Einzelfällen), so muß dabei immer bedacht werden, daß diese Ähnlichkeiten weit weniger gut ausgeprägt als bei der Temperatur sind.

Abb. 33, ausgezogene Kurve, zeigt das Varianzspektrum der übergreifenden Zwölfmonatssummen des Niederschlages in Zürich. (der analysierte Zeitraum kann für alle folgenden Spektren wieder der Tabelle 1 entnommen werden.) Es zeigen sich zwei deutliche Maxima der Varianz bei etwa 3a und 5a. Im Bereich 1.5a - 2.2a finden sich mehrere kleinere Maxima, das größte davon bei etwa 2.1a. Die in der gleichen Abbildung dargestellten Spektren von Kremsmünster (gestrichelt) und Wien (strichpunktirt), die sich untereinander trotz erheblich unterschiedlicher Gesamtvarianz für $T > 1a$ ähneln, gleichen dem Spektrum von Zürich überhaupt nicht. Sie zeigen die Maxima der Varianz bei 3.3a und weniger ausgeprägt bei 2.1a sowie, gerade angedeutet, bei 2.5a. Es gehört sehr viel Phantasie dazu, die Spektren der Abb. 34 (Budapest und Sibiu) den Ergebnissen der Abb. 33 zuzuordnen, besonders weil das Varianzspektrum von Budapest (ausgezogen) statt des Maximums bei 3.3a ein Maximum bei 4.2a aufweist.

Wieder andere Bilder ergeben sich bei der Abb. 35. Das Spektrum von Frankfurt/Main (ausgezogen) läßt nur zwei Maxima erkennen, diese aber besonders ausgeprägt bei etwa 5a und 2.1a (in Übereinstimmung mit dem für eine etwas abweichende Zeitdauer berechneten Spektrum in [236]). Das Spektrum von Berlin (gestrichelt) zeigt seine Maxima vor allem bei 4.2a und 2.1a, das Spektrum von De Bilt (strichpunktirt) bei 3.6a, daneben recht undeutlich bei 5a und zwischen 2a und 3a.

Die in Abb. 36 abgebildeten Spektren von Uppsala (ausgezogen) und Helsinki (gestrichelt) erinnern im ersten Fall etwas an das Spektrum von Zürich (bei wesentlich kleinerer Varianz im

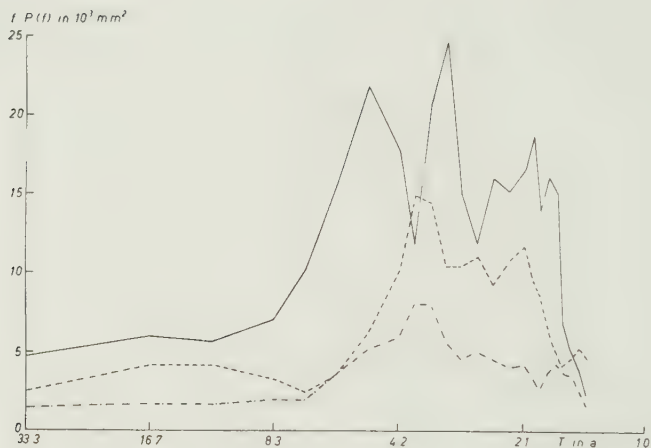


Abb. 33: Varianzspektren des Niederschlages: Zürich (ausgezogen), Kremsmünster (gestrichelt) und Wien (strichpunktiert). Diese wie alle folgenden Spektren sind aus übergreifenden Zwölfmonatssummen berechnet. Die jeweilig zugrundeliegende Zeitdauer ist der Tabelle 1 zu entnehmen.



Abb. 34: Varianzspektren des Niederschlages: Budapest (ausgezogen) und Sibiu (gestrichelt).

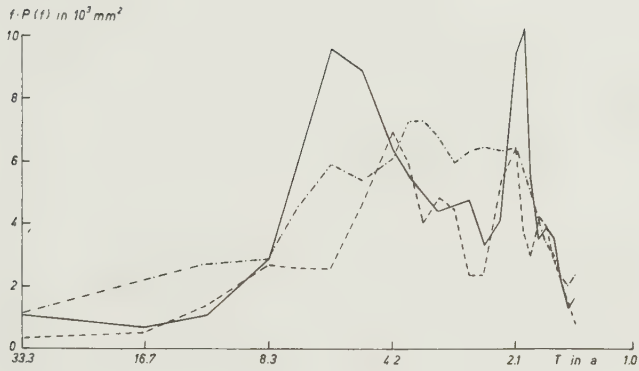


Abb. 35: Varianzspektren des Niederschlages: Frankfurt/Main (ausgezogen), Berlin (gestrichelt) und De Bilt (strichpunktuiert).

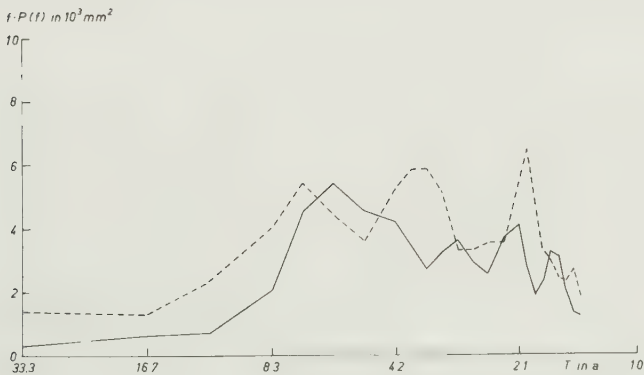


Abb. 36: Varianzspektren des Niederschlages: Uppsala (ausgezogen) und Helsinki (gestrichelt).

ganzen Bereich $T > 1a$), im zweiten Fall etwas an das Spektrum von Kremsmünster, falls man das im Spektrum von Helsinki auftretende Maximum bei etwa $8a$ unterschlägt. Die beiden eben besprochenen Spektren von Uppsala und Helsinki machen besonders deutlich, daß die spektrale Varianzanalyse des Niederschlages im Bereich $1a < T \leq 33.3a$ mit der entsprechenden Analyse der Temperatur in den Ergebnissen nichts miteinander zu tun hat, was ein Vergleich der Abbildungen 21 und 36 eindrucksvoll belegt.

Im Bereich $2.1a < T < 8a$ ähneln sich die Spektren von Edinburgh (Abb. 37, ausgezogene Kurve) und Stykkisholm (gestrichelt). Das Spektrum von Stykkisholm erinnert etwas an das von Kremsmünster, falls man im Fall von Stykkisholm das Maximum bei $11a$ vergißt. Aber auch dann stimmt die Lage der Maxima nur bei grober Näherung überein. Übrigens ist das Spektrum von Stykkisholm das einzige, das von allen errechneten Temperatur- und Niederschlagsspektren bei $11a$ einen deutlichen Beitrag der Varianz anzeigt. (Im Fall des Temperaturspektrums von Gibraltar, Abb. 23 gestrichelte Kurve, kann davon wohl kaum gesprochen werden.) Das Varianzspektrum des Niederschlages von Gibraltar fällt mit seinem alles überragenden Maximum bei $3.3a$ völlig aus der versuchten Systematik heraus (Abb. 38, ausgezogen), während das Spektrum von Rom (gestrichelt) wieder an das vielbemühte Spektrum von Kremsmünster erinnert.

Die Niederschlagsspektren der außereuropäischen Stationen (Abb. 39-42) setzen das uneinheitliche Bild fort, wobei die ostasiatischen Stationen und Djakarta, besonders aber Bombay, durch die sehr hohen Varianzanteile im analysierten Bereich auffallen, was, wie schon bei einigen Spektren zuvor, eine Maßstabsänderung bei den Abbildungen notwendig machte. Auch dies ist ein Indiz für die große Unterschiedlichkeit der Niederschlagsspektren; denn im Fall der Temperatur mußte der Maßstab der Abbildungen nirgends geändert werden. Zur Abb. 41 ist noch zu erwähnen, daß dort besonders zwischen den Spektren von Kapstadt (gestrichelt) und Adelaide (strichpunktiert) ausnahmsweise deutliche Ähnlichkeiten auftreten.

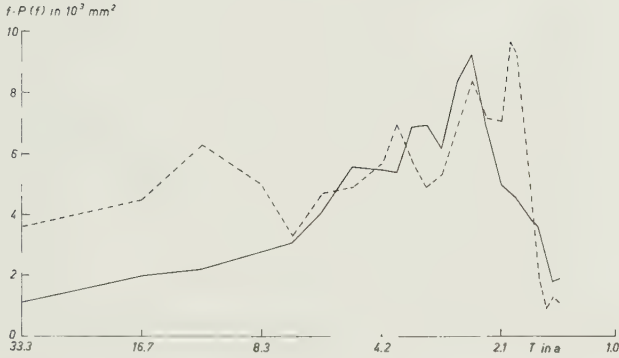


Abb. 37: Varianzspektren des Niederschlages: Edinburgh (ausgezogen) und Stykkisholm (gestrichelt).

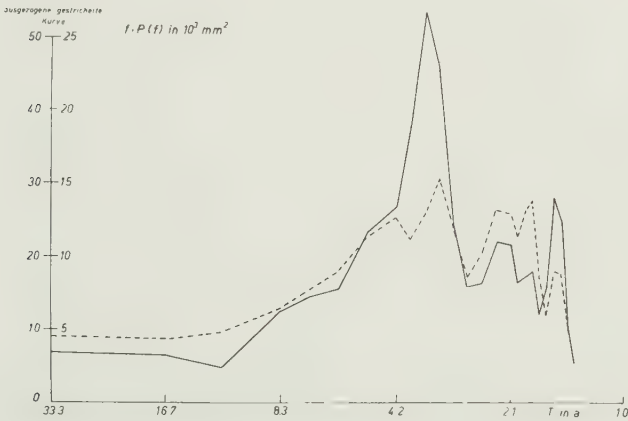


Abb. 38: Varianzspektren des Niederschlages: Gibraltar (ausgezogen) und Rom (gestrichelt); unterschiedliche Maßstäbe.

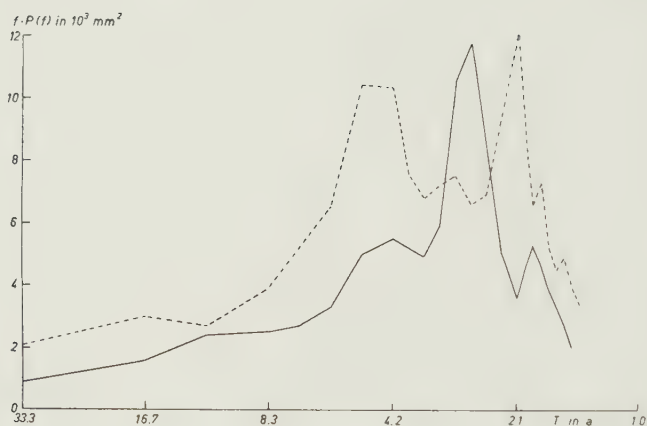


Abb. 39: Varianzspektren des Niederschlages: Toronto (ausgezogen) und New York (gestrichelt).

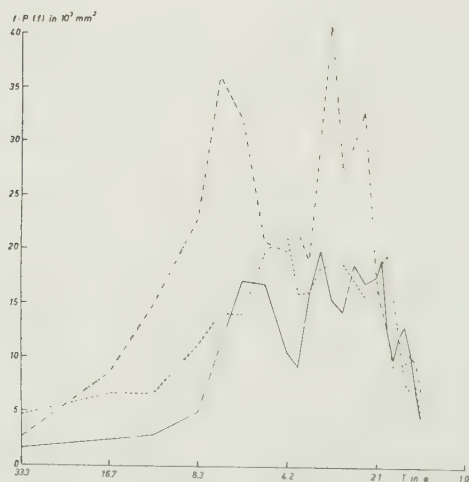


Abb. 40: Varianzspektren des Niederschlages: San Francisco (ausgezogen), Rio de Janeiro (gestrichelt) und Buenos Aires (strichpunktiert).

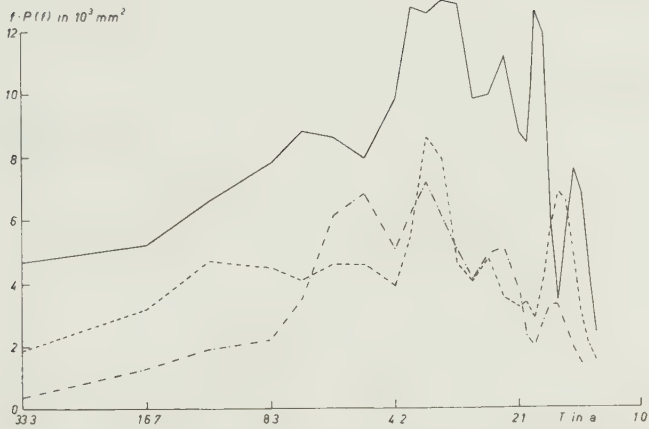


Abb. 41: Varianzspektren des Niederschlages: Jerusalem (ausgezogen), Kapstadt (gestrichelt) und Adelaide (strichpunktiiert).

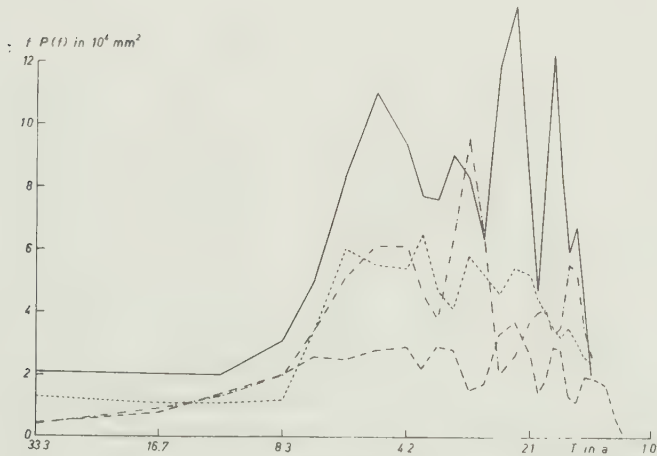


Abb. 42: Varianzspektren des Niederschlages: Bombay (ausgezogen), Seoul (eng gestrichelt), Tokyo (weit gestrichelt) und Djakarta (strichpunktiiert).

Will man das verwirrende Bild, das sich bei der Betrachtung der Varianzspektren des Niederschlages ergibt, etwas ordnen, so läßt sich, mit vielen Einschränkungen, etwa folgendes Schema angeben:

Typ A: Vier Maxima der Varianz, vor allem in den Periodenbereichen 1.5-1.7a, 1.9-2.2a, 2.8-3a und um 5a.

Beispiele: Zürich, Budapest, Uppsala, Jerusalem, Kapstadt, Adelaide, Bombay, Tokyo, Djakarta.

Typ B1: Drei Maxima der Varianz, vor allem in den Periodenbereichen um 2.1a, um 2.5a und 3.3-4a.

Beispiele: Kremsmünster, Wien, Sibiu, Stykkisholm, Gibraltar, Rom, Rio de Janeiro.

Typ B2: Drei Maxima der Varianz, vor allem in den Periodenbereichen um 2.1a, um 3.6a und um 5a.

Beispiele: San Francisco, Helsinki, De Bilt.

Zwei Maxima der Varianz in den Periodenbereichen um 2.1a und 5.0-5.6a zeigen die Spektren von Frankfurt und New York.

Ebenfalls zwei Maxima der Varianz finden sich im Spektrum von Edinburgh, allerdings in den Bereichen um 2.5a und um 3.3a.

Nur ein deutliches Varianzmaximum um 3.3a lassen die Spektren von Toronto und, mit Einschränkung, Gibraltar erkennen. (Gibraltar läßt sich, wie oben geschehen, auch in B1 einordnen.)

Bei aller Vielfalt der Varianzverteilung des Niederschlages im analysierten Bereich fallen Ähnlichkeiten von Varianzspektren über sehr weite Entfernungen der zugehörigen Stationen auf, was wiederum als ein unerklärliches Phänomen der vorliegenden Analyse angesehen werden muß. Drei derartige Beispiele können genannt werden: In der Abb. 43 sind die Niederschlagsspektren von Toronto (ausgezogen) und Djakarta (gestrichelt) gegenübergestellt. Bei Ausgleich der sehr unterschiedlichen Varianz durch Einführung zweier Ordinatenmaßstäbe tut sich eine merkwürdig deutliche Ähnlichkeit auf. Einen ähnlichen Effekt kann man bei den Spektren von New York und Bombay erreichen (Abb. 44), wenn auch nicht ganz so überzeugend. Eine ebenfalls sehr überraschende Ähnlichkeit weisen die in der Abb. 45 gezeigten Spektren von Zürich und San Francisco auf, wobei sogar ein einheitlicher Ordinatenmaßstab verwendet werden konnte.

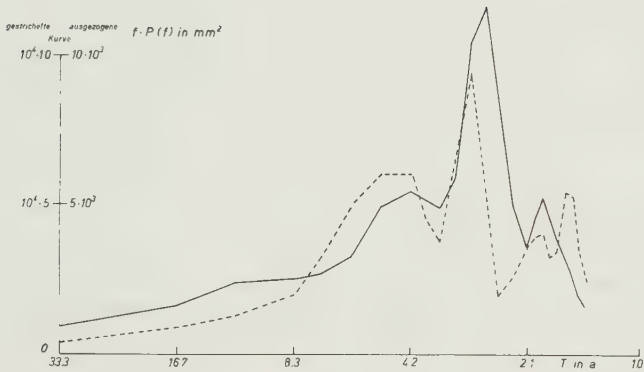


Abb. 43: Varianzspektren des Niederschlages: Toronto (ausgezogen) und Djakarta (gestrichelt); unterschiedliche Maßstäbe.

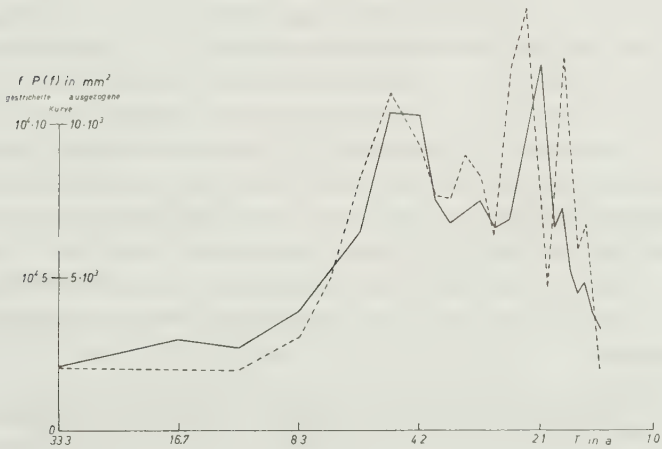


Abb. 44: Varianzspektren des Niederschlages: New York (ausgezogen) und Bombay (gestrichelt); unterschiedliche Maßstäbe.

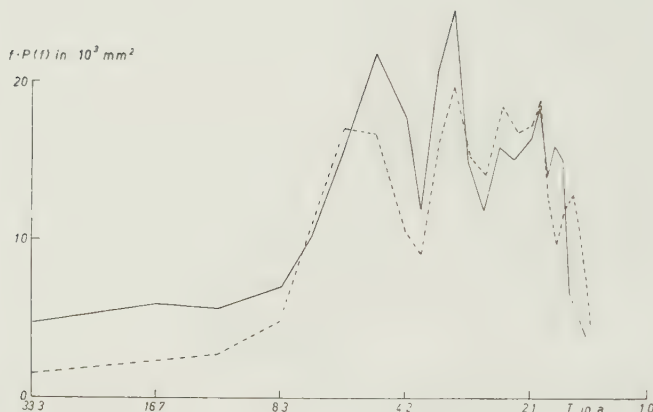


Abb. 45: Varianzspektren des Niederschlages: Zürich (ausgezogen) und San Francisco (gestrichelt).

Trotz dieser letzten äußerst merkwürdig erscheinenden Verwandtschaften über große Entfernungen hinweg und ohne Bezug auf die Klimazonen ist doch die große Vielfalt das dominierende Ergebnis der spektralen Varianzanalyse des Niederschlages. Man wird nun vermuten, daß im Fall des Niederschlages singuläre Zufallserscheinungen im Gegensatz zur Temperaturanalyse nachweisbar wenn nicht sogar dominierend sein sollten. Auch im Fall der Niederschlagsanalyse wurde nun ohne Rücksicht auf die vielfach abweichende Lage der Varianzmaxima vom Schema 5a - 3.3a - 2.2a aus Vergleichsgründen nicht abgegangen; d.h. die Filter F'_{26} , F'_{40} und F'_{60} wurden auch im Fall der Niederschlagsanalyse verwendet.

Im Anhang 3b ist eine Auswahl der mit F'_{26} gefilterten Reihen aus dem mitteleuropäischen Raum wiedergegeben. Die Struktur der gefilterten Niederschlagsreihen ist der Struktur der ge-

filterten Temperaturreihen sehr ähnlich. Wieder zeigt es sich, daß die Maxima der Varianzspektren nicht auf singuläre Zufallserscheinungen zurückgehen, sondern auf systematisch anhaltende Schwankungen. Freilich haben auch im Fall des Niederschlages die Schwankungen ständig und ohne erkennbare Ordnung wechselnde Amplituden. Der zeitliche Ablauf der Schwankungen zeigt im Fall des Niederschlages ein von Station zu Station häufiger wechselndes Bild (vergl. Anhang 3, mit F'_{26} gefilterte Reihen) als im Fall der Temperatur. Dies deckt sich mit dem Ergebnis der spektralen Varianzanalyse. Im Fall der Niederschlagsschwankungen müssen daher in den Fällen, in denen in den Spektren signifikante Maxima auftreten, zwar auch überzufällige Wirkungsmechanismen, aber von größerer lokaler Eigenständigkeit als im Fall der Temperatur vermutet werden.

Das Ergebnis der numerischen Bandpaßfilterung der Niederschlags- als auch der Temperaturreihen kann wie folgt zusammengefaßt werden:

- a) Die signifikanten Maxima der Varianzspektren (die durchaus nicht bei allen Spektren vorliegen) gehen nicht auf singuläre Zufallserscheinungen zurück, d.h. nicht auf eine oder sehr wenige zufällig auftretende Schwankungen sehr großer Amplitude, sondern auf systematische Mechanismen. Dabei liegen im Falle signifikanter Varianzmaxima auch die Amplituden der gefilterten Reihen über der Zufallsgrenze.
- b) Perioden als auch Amplituden der durch die Filterung erfaßten Schwankungen wechseln ständig und ohne erkennbare Ordnung. (Es handelt sich daher um Rhythmen ständig wechselnder Amplitude.)
- c) Das Erscheinungsbild der gefilterten Reihen gleicht weitgehend der theoretisch ableitbaren Form einer Sinusschwingung mit überlagerten Störungen. Diese Störungen umfassen vor allem kleine Frequenzen bzw. große Perioden (vergl. Abb. 10c).
- d) Im Fall der Temperatur ist der zeitliche Ablauf der Schwankungen für mehrere Stationen sehr ähnlich und stützt damit die vorgenommene Typisierung der Varianzspektren (Tabelle 2). Im Fall des Niederschlages überwiegt die lokale Eigenständigkeit.

VII. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die vorliegende Arbeit zeigt, daß es im Fall der Lufttemperatur und des Niederschlages im Periodenbereich $1a < T \leq 33.3a$ kein Spektrum gibt, das in allgemein gültiger und globaler Weise die Verteilung der Varianz auf bestimmte Periodenbereiche angibt. Während im Fall der Niederschlagsspektren die lokale Charakteristik dominierend ist, trotz einzelner unerklärlicher Ähnlichkeiten über große Entfernungen hinweg, lassen sich in Europa Gruppen von sehr ähnlichen Temperaturspektren einander zuordnen, die in ebenso gut ausgeprägtem Gegensatz zu anderen solchen Gruppen stehen. Es ist möglich, daß sich derartige Beziehungen auch in anderen Erdteilen finden lassen, falls dort ein ähnlich dichtes oder dichteres Stationsnetz wie in Europa verwendet wird. Für die Subtropenzone scheint global ein Temperaturspektrum mit geringer und in Bezug auf die Perioden ausgeglichener Varianz im untersuchten Periodenbereich typisch zu sein.

Diese Ergebnisse stehen in deutlichem Gegensatz zu der Aussage, daß es eine Art globales Einheitsspektrum im langperiodischen

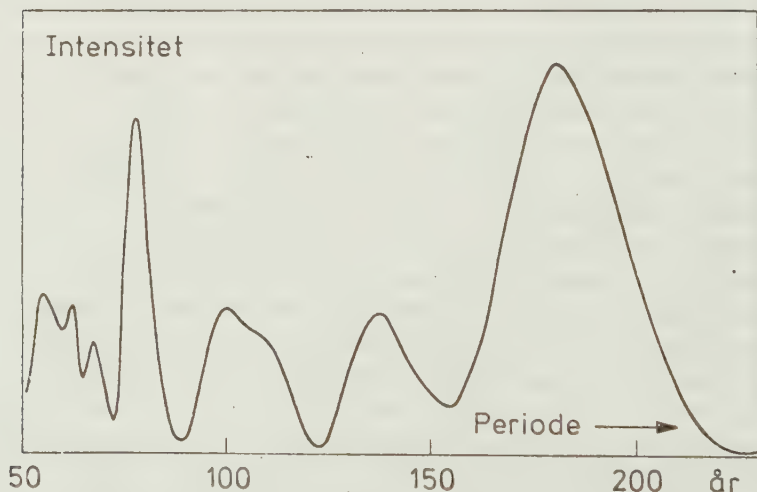


Abb. 46: Varianzspektrum der $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Analyse des Grönlandeises nach W. Dansgaard [65]. Solche Analysen lassen Rückschlüsse auf die Temperatur bei der Eisbildung zu.

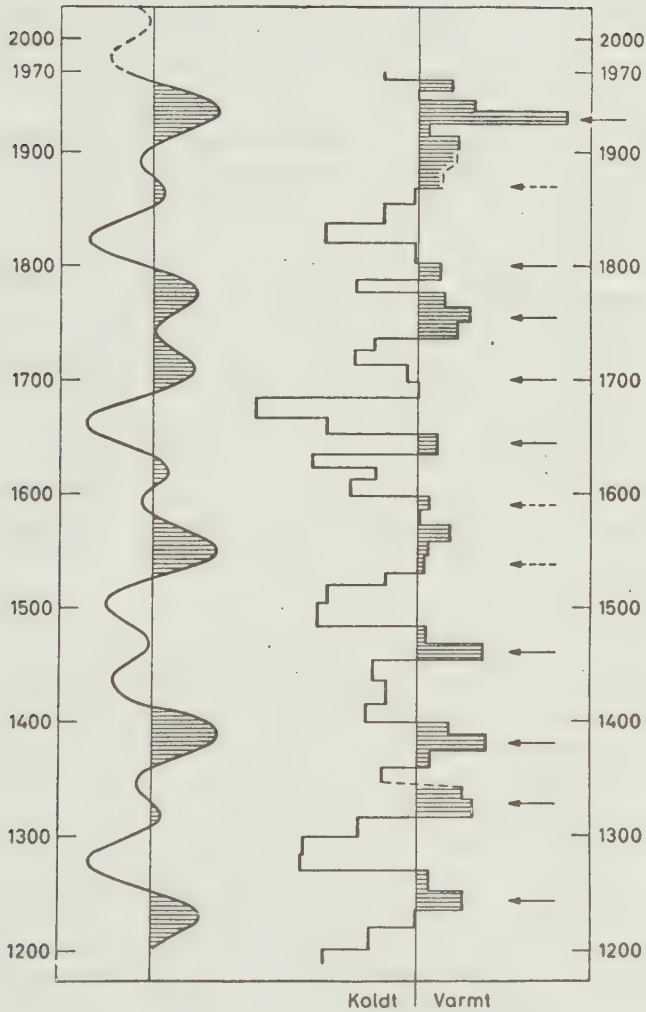


Abb. 47: Rechts: Temperaturauswertung der $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Analyse des Grönlandeises für die letzten 780 Jahre; links: Synthese der zwei im Spektrum Abb. 46 dominierenden Schwankungen. Die schraffierten Flächen sind warme Zeitabschnitte. Außen Angabe der Jahreszahlen n.Ch., nach W. Dansgaard [65].

Bereich für nicht nur meteorologische Elemente gibt [191]. Versuche, solche globale oder auch nur auf größere geographische Räume (z.B. Mitteleuropa) und ein meteorologisches Element beschränkte Spektren aufzustellen (z.B. [43]) müssen fehlschlagen.

Die vorliegende Untersuchung weist aber auch darauf hin, daß es neben der vielzitierten 26monatigen Schwankung auch selten beachtete andere wichtige Schwankungen gibt, vor allem im Periodenbereich um 40 und 60 Monate (für $1a < T \leq 33.3a$).

Die schwankungsklimatologische Analyse im Frequenz- und Zeitbereich deutet im Fall der Lufttemperatur und des Niederschlages im betrachteten Periodenbereich auf lokale Wirkungsmechanismen hin, die ganz bestimmte Schwankungen systematisch hervorrufen. Für die Lufttemperatur und Europa ließen sich die geographischen Größenordnungen des Einflusses dieser Mechanismen grob abschätzen. Die Übergänge sind fließend. Im Zeitbereich ließ sich der Ablauf bestimmter periodisch eng begrenzter Schwankungen genau verfolgen.

Trotz der sehr zahlreichen Arbeiten, die sich mit extraterrestrischen und dabei besonders solaren Ursachen von klimatologischen Schwankungen (auch im hier betrachteten Periodenbereich) befassen (vergl. III), können diese Ursachen als direkter Einfluß ausgeschlossen werden, terrestrische Vorgänge sind offenbar dominierend. Diese Aussage gilt nicht so klar für die weltweit auftretende 26monatige Schwankung, die aber zumindest durch terrestrische Einflüsse stark modifiziert wird. Aus diesen Gründen müssen viele Betrachtungen, wie die Doppelschwankung klimatologischer Elemente innerhalb des Sonnenfleckenzyklus [21, u.a.] oder die Zuordnung von Varianzspektren zu solaren Vorgängen [69, 239, u.a.] mit großen Fragezeichen versehen werden. (Denkbar ist aber, daß manche Gebiete der Erde von solaren Vorgängen stärker beeinflusst werden als andere.)

Bleiben kausale Erkenntnisse des behandelten Problemkreises weiterhin im Dunklen, so können phänomenologische Analysen statistisch-mathematischer Art mit eingeschränkten numerischen Modellberechnungen (vereinfachter Art) Hand in Hand gehen. Ansätze

zu klimatologischen Modellrechnungen [49,50,51,66,91,92,116, 164,167,171,181,187,206,210,211,212,224,225,249] und Hilfsmittel, insbesondere Bilanzuntersuchungen [19,32,48,86,98,105,118, 129,146,148,157,170,188,189,197,221,250,253,254] sind vorhanden. Sehr vereinfachte Modelle können sogar direkt aus der spektralen Varianzanalyse abgeleitet werden. Beispielsweise hat W. Dansgaard mit Mitarbeitern [65] versucht, auf Grund des Varianzspektrums, das sich aus den indirekt ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Analyse) bestimmten Temperaturwerten des grönländischen Eises berechnen läßt (Abb. 46), mit Hilfe der zwei im Spektrum als dominierend erscheinenden Schwankungen den wahren Temperaturverlauf nachzuvollziehen und in die Zukunft zu extrapolieren (Abb. 47).

E.N. Lorenz [167] nannte die Erforschung des Klimas und der das Klima beeinflussenden Faktoren als immer noch in der spekulativen Phase befindlich (vergl. Zitate vor I). Es darf die Hoffnung ausgedrückt werden, daß Analysen der vorliegenden Art solche Versuche etwas weniger spekulativ machen können.

Am Ende dieser Arbeit gilt mein erster Dank Herrn Prof. Dr. R. Roth, jetzt Universität Frankfurt, der stets für Anregungen und Diskussionen bereit war. Herr Prof. Dr. G. Hofmann, Leiter des Meteorologischen Institutes der Universität München, hat sich sehr ausführlich mit der vorliegenden Arbeit auseinandergesetzt. Weiterhin danke ich der Arbeitsgruppe Mikrometeorologie des Meteorologischen Institutes München für viele Diskussionsbeiträge, insbesondere Herrn Dr. H. Kraus, dem mehrjährigen Leiter dieser Gruppe, der mich trotz Zugehörigkeit zu einem staatlichen Dienst stets in diese Gruppe integriert und dadurch wie durch andere Hilfen manche Voraussetzungen für das Entstehen dieser Arbeit geschaffen hat. Auch Herrn Prof. Dr. Baumgartner, Lehrstuhl für Bioklimatologie und Angewandte Meteorologie der Universität München, danke ich für Interesse und Anregungen.

Fräulein Neumann und Herr Hebenbrock waren mir bei der Übernahme der Daten auf Lochkarten, Fräulein Pornitz und Fräulein Dreyer bei der Programmbetreuung behilflich. Alle numerischen Berechnungen wurden an der Rechenanlage IBM 360/91 des Institutes für Plasmaphysik in Garching bei München durchgeführt. Herrn Weinberger danke ich für die Anfertigung der graphischen Darstellungen.

Nicht zuletzt möchte ich Herrn Prof. Dr. F. Möller dafür danken, daß er mir 1970 als Leiter des oben genannten Institutes die Durchführung dieser Arbeit als Dissertation und die Benutzung der Institutsmittel großzügig gestattet hat.

VIII. LITERATUR

Abkürzungen: AMS = American Meteorological Society;
DWD = Deutscher Wetterdienst;
NYAS= New York Academy of Sciences;
RMS = Royal Meteorological Society;
WMO = World Meteorological Organization.

- 1 Abbot, C.G.: Sun spots and weather. Smithsonian Misc. Coll. 87, Nr. 18 (1933)
- 2 Abbot, C.G.: Solar radiation and weather studies. Smithsonian Misc. Coll. 94, Nr. 10 (1935)
- 3 Abbot, C.G.: Solar variation and the weather. Nature 143, 705 (1939)
- 4 Abbot, C.G.: The variations of the solar constant and their relation to weather. Quart. J. RMS 65, 383 (1939)
- 5 Abbot, C.G.: Periodicities in the solar-constant measures. Smithsonian Misc. Coll. 117, Nr. 10 (1952)
- 6 Abbot, C.G.: Solar variation, a leading weather element. Smithsonian Misc. Coll. 122, Nr. 4 (1953)
- 7 Abbot, C.G.: Sixty year weather forecasts. Smithsonian Misc. Coll. 128, Nr. 3 (1955)
- 8 Abbot, C.G.: Solar variation and weather. Smithsonian Misc. Coll. 146, Nr. 3 (1963)
- 9 Abbot, C.G.: Forecasting from harmonic periods in precipitation. Smithsonian Misc. Coll. 148, Nr. 8 (1966)
- 10 Aldrich, L.B.: The solar constant and sunspot numbers. Smithsonian Misc. Coll. 104, Nr. 12 (1945)
- 11 Alissow, B.P., Drosdow, O.A. und Rubinstein, E.S.: Lehrbuch der Klimatologie. Moskau (1952); deutsch Berlin (1956)
- 12 Anderson, R.Y. and Kirkland, D.W.: Origin, varves, and cycles of Jurassic Todilto formation, New Mexico. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 44, 37 (1960)
- 13 Anderson, R.Y.: Solar-terrestrial climatic patterns in varved sediments. Ann. NYAS 95, 424 (1961)
- 14 Angell, J.K. and Korshover, J.: Harmonic analysis of the biennial zonal-wind and temperature regimes. Monthly Weath. Rev. 91, 537 (1963)
- 15 Arakawa, H.: On the secular variation of annual totals of rainfall at Seoul from 1770 to 1944. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 7, 205 (1956)

- 16 Arakawa, H.: Two minima of the average rainfall at about the turn of the century and at about 1940 in the Far East. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 7, 406 (1956)
- 17 Farg, E.: Eine annähernd zweijährige Schwingung im Verhalten des Bodendrucks in Nordwesteuropa. Z. f. Met. 18, 361 (1966)
- 18 Baumgartner, A.: Niederschlagsschwankungen und Dürrefährdung mit Bezug auf den Waldbau. Forstwiss. Centralbl. 69, 636 (1950)
- 19 Baumgartner, A. und Reichel, E.: Preliminary results of new investigations of world's water balance. Internat. Ass. of Sci. Hydr., Proc. Read. Symp. p. 66 (1970)
- 20 Baur, F.: Einführung in die Großwetterkunde. Wiesbaden (1948)
- 21 Baur, F.: Die doppelte Schwingung der atmosphärischen Zirkulation in der gemäßigten Zone innerhalb des Sonnenfleckenzyklus. Met. Rdsch. 2, 10 (1949)
- 22 Baur, F.: Zurückführung des Großwetters auf solare Erscheinungen. Arch. Met. Geoph. Biokl. A 1, 358 (1949)
- 23 Baur, F.: Physikalisch-statistische Regeln als Grundlagen für Wetter- und Witterungsvorhersagen; Band I und II. Frankfurt/Main (1956)
- 24 Baur, F.: Großwetterforschung. Physik. Blätter 15, 541 (1959)
- 25 Baur, F.: Meteorologisches Taschenbuch; I. Band, 2. Auflage. Leipzig (1962)
- 26 Bayer, K. und Bayerova, V.: Langfristige Schwankungen der troposphärischen Zirkulation im Zeitraum 1949-1966. Ann. Met. Neue Folge 4, 221 (1969)
- 27 Bendat, J.S.: Principles and applications of random noise theory. New York (1958)
- 28 Bendat, J.S. and Piersol, A.G.: Measurement and analysis of random data. New York (1966)
- 29 Berlage, H.P.: Fluctuations of the general atmospheric circulation of more than one year, their nature and prognostic value. Meded. Verh. Nederl. Met. Inst. 69 (1957)
- 30 Berlage, H.P.: Variations in the general atmospheric and hydrospheric circulation of periods of a few years duration affected by variations of solar activity. Ann. NYAS 95, 354 (1961)
- 31 Bjerknes, J.: Atlantic air-sea interaction. Adv. in Geoph. 10, 1 (1964)

- 32 Bjerknes, J.: Synoptic survey of the interaction of sea and atmosphere in the North Atlantic. Geofysiske Publ. 24, 115 (1962)
- 33 Bjerknes, J.: Climatic change as an ocean-atmosphere problem. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 297 (1963)
- 34 Blackman, R.B. and Tukey, J.W.: The measurement of power spectra. New York (1958)
- 35 Blüthgen, J.: Allgemeine Klimageographie. Berlin (1964)
- 36 Böhme, W.: Eine 26-monatige Schwankung der Häufigkeit meridionaler Zirkulationsformen über Europa. Z. f. Met. 19, 113 (1967)
- 37 Bowen, E.G.: The relation between rainfall and meteor showers. J. of Met. 13, 142 (1956)
- 38 Bray, J.R.: An analysis of the possible recent change in atmospheric carbon dioxide concentration. Tellus 11, 220 (1959)
- 39 Bray, J.R.: Glaciation and solar activity since the fifth century BC and the solar cycle. Nature 220, 672 (1968)
- 40 Bray, J.R.: Solar activity index: Validity supported by oxygen isotope dating. Science 168, 571 (1970)
- 41 Bray, R.J. and Loughhead, R.E.: Sunspots. The Internat. Astroph. Series, vol. 7, London (1964)
- 42 Brezowsky, H.: Säkulare Schwankungen der Zirkulation. Ber. DWD 35, 48 (1952)
- 43 Brier, G.W.: Some statistical aspects of longterm fluctuations in solar and atmospheric phenomena. Ann. NYAS 95, 173 (1961)
- 44 Brooks, C.E.P.: The problem of the varves. Quart. J. RMS 54, 64 (1928)
- 45 Brooks, C.E.P.: Present position of theories of climatic change. Meteor. Mag. 84, 204 (1955)
- 46 Brückner, E.: Klimaschwankungen seit 1700. Wien (1890)
- 47 Bryson, R.A. and Dutton, J.A.: Some aspects of the variance spectra of tree rings and varves. Ann. NYAS 95, 580 (1961)
- 48 Budyko, M.I.: Der Wärmehaushalt der Erdoberfläche. Deut. Übers. E. Pelzl, Fachl. Mitt. Geoph. Beratungsd. Bundesw. Nr. 100 (1963)

- 49 Budyko, M.I.: Possibility of changing the climate by acting on the polar ice. Modern Problems of Climatology, Coll. of Articles, Foreign Tech. Div., p. 375 (1967)
- 50 Budyko, M.I.: Influence of economic activity on climate. Modern Problems of Climatology, Coll. of Articles, Foreign Tech. Div., p. 484 (1967)
- 51 Budyko, M.I.: The effect of solar radiation variations on the climate of the earth. Tellus 21, 611 (1969)
- 52 Budyko, M.I.: Comments on "A global climatic model based on the energy balance of the earth-atmosphere system". J. Appl. Met. 9, 310 (1970)
- 53 Byutner, E.K. and Ariyel, N.Z.: Results of statistical analysis of the sequence of areas of annual rings of a thousand year old sequoia. Izv. Atm. Oc. Phys. 6, 495 (1970)
- 54 Callendar, G.S.: On the present climatic fluctuation. Meteor. Mag. 87, 204 (1958)
- 55 Callendar, G.S.: Temperature fluctuations and trends over the earth. Quart. J. RMS 87, 1 (1961)
- 56 Cehak, K. und Pichler, H.: Die Persistenz der solaren und geomagnetischen Aktivität. I. Mitteilung. Arch. Met. Geoph. Biokl. A 18, 147 (1969)
- 57 Cehak, K. und Pichler, H.: Die Persistenz der solaren und geomagnetischen Aktivität. II. Mitteilung. Arch. Met. Geoph. Biokl. A 18, 365 (1969)
- 58 Chernosky, E.J. and Hagan, M.P.: The Zurich sunspot number and its variations for 1700-1957. J. Geoph. Res. 63, 775 (1958)
- 59 Clough, H.W.: A systematically varying period with an average length of 28 months in weather and solar phenomena. Monthly Weath. Rev. 52, 421 (1924)
- 60 Damman, W.: Klimaschwankungen und Wetterlage in Mitteleuropa 1881-1930. Met. Rdsch. 1, 411 (1948)
- 61 Damman, W.: Zum Problem rezenter Klimaschwankungen in Westdeutschland und ihres möglichen Zusammenhanges mit der Sonnenfleckenne. Met. Rdsch. 10, 113 (1957)
- 62 Dansgaard, W.: The abundance of O^{18} in atmospheric water and water vapour. Tellus 5, 461 (1953)
- 63 Dansgaard, W.: The O^{18} abundance in fresh water. Geochim. Cosmochim. Acta 6, 241 (1954)
- 64 Dansgaard, W.: Stable isotopes in precipitation. Tellus 16, 436 (1964)

- 65 Dansgaard, W., Johnsen, S.J. und Clausen, H.B.: Grønlands klima - for, nu og 50 år frem. Tidsskriftet Grønland (1970)
- 66 Deacon, E.L.: Physical processes near the surface of the earth. World Survey of Climatology, ed. by H.E. Landsberg, vol. 2, 39 (1969)
- 67 Defant, A.: Die Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation über dem nordatlantischen Ozean 1881-1905. Geografiska Ann. 6, 13 (1924)
- 68 Defant, A.: Witterungsperioden. Das Wetter 42, 257 (1925)
- 69 Dehsara, M. and Cihak, K.: A global survey on periodicities in annual mean Temperatures and precipitation totals. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 18, 253 (1970)
- 70 Dettwiller, J.: Deep soil temperature trends and urban effects at Paris. J. Appl. Met. 9, 178 (1970)
- 71 Deutscher Wetterdienst: Meteorologische Jahrbücher, Bundesrepublik.
- 72 Doberitz, R., Flohn, H. und Schütte, K.: Statistical investigations of the climatic anomalies of the equatorial Pacific. Bonner Met. Abh., Heft 7 (1967)
- 73 Doberitz, R.: Cross spectrum analysis of rainfall and sea temperature at the equatorial Pacific ocean. Bonner Met. Abh., Heft 8 (1968)
- 74 Doberitz, R.: Kohärenzanalyse von Niederschlag und Wassertemperatur im tropischen Pazifischen Ozean. Ber. DWD 15, Nr. 112 (1968)
- 75 Doberitz, R.: Cross spectrum and filter analysis of monthly rainfall and wind data in the tropical Atlantic region. Bonner Met. Abh., Heft 11 (1969)
- 76 Douglass, A.E.: Climatic cycles and tree growth. A Study of Cycles, vol. 3, Carnegie Inst. Washington, p. 73 (1936)
- 77 Douglass, A.E.: Researches in dendrochronology. Bull. of Univ. of Utah, Salt Lake City (1946)
- 78 Dzerdzeevskii, B.L.: The general circulation of the atmosphere as a necessary link in the sun-climatic variations chain. Ann. NYAS 95, 188 (1961)
- 79 Dzerdzeevskii, B.L.: Fluctuations of climate and of general circulation of the atmosphere and climate in the twentieth century. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 285 (1963)
- 80 Egyed, L.: Temperature and magnetic field. Ann. NYAS 95, 72 (1961)

- 81 Epstein, S. and Sharp, R.P.: Antarctic ice sheet: Stable isotope analyses of Byrd Station cores and interhemispheric climatic implications. *Science* 168, 1570 (1970)
- 82 Fairbridge, R.W.: Convergence of evidence on climatic changes and ice ages. *Ann. NYAS* 95, 542 (1961)
- 83 Fiedler, F.: Klimawerte zur Temperatur- und Windschichtung in den untersten 50m der Atmosphäre. *Wiss. Mitt. Met. Inst. München* Nr. 18 (1970)
- 84 Fiedler, F.: The variance spectrum of horizontal wind velocity at 50m above the ground. *Beitr. Phys. Atm.* 44, 187 (1971)
- 85 Flemming, G.: Drei Grundauffassungen des Klimabegriffs und der Klimatologie. *Z. f. Met.* 20, 231 (1968)
- 86 Flohn, H. and Penndorf, R.: The stratification of the atmosphere. *Bull. AMS* 31, 71, 126 (1950)
- 87 Flohn, H.: Solare Vorgänge im Wettergeschehen. *Arch. Met. Geoph. Biokl.* A 3, 303 (1951)
- 88 Flohn, H.: Bemerkungen zum Problem der globalen Klimaschwankungen. *Arch. Met. Geoph. Biokl.* B 9, 1 (1959)
- 89 Flohn, H.: Man's activity as a factor in climatic change. *Ann. NYAS* 95, 271 (1961)
- 90 Flohn, H.: Klimaschwankungen und großräumige Klimabeeinflussung. *Bonner Met. Abh.*, Heft 2 (1963)
- 91 Flohn, H.: Theories of climatic change from the viewpoint of the global energy budget. *Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961*, p. 339 (1963)
- 92 Flohn, H.: Probleme der theoretischen Klimatologie. *Naturw. Rdsch.* 18, 385 (1965)
- 93 Flohn, H.: Klimaschwankungen in historischer Zeit. In 219, S. 81 (1967)
- 94 Flohn, H.: Vom Regenmacher zum Wettersatelliten. *Klima und Wetter. München* (1968)
- 95 Flohn, H.: Produzieren wir unser eigenes Klima? *Met. Rdsch.* 23, 161 (1970)
- 96 Flohn, H.: Climatology - descriptive or physical science? *WMO Bull.* 19, 223 (1970)
- 97 Flügge, S.: Handbuch der Physik, Band 52, Astrophysik III. Das Sonnensystem. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959)
- 98 Fofonoff, N.P.: Variability of ocean circulation. *IUGG, US National Rep. 1963-1967*, vol. 48, no. 2, 575 (1967)

- 99 Fortak, H.: Meteorologie. In Vorbereitung.
- 100 Fourier, J.B.: Analytische Theorie der Wärme.
Dt. Übers. 1884
- 101 Frenzel, B.: Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters.
Braunschweig (1967)
- 102 Fritts, H.C.: Tree-ring evidence for climatic changes
in North America. Monthly Weath. Rev. 93, 421 (1965)
- 103 Gehler, J.S.T.: Physikalisches Wörterbuch, Band V.
Leipzig (1830)
- 104 Gehler, J.S.T.: Physikalisches Wörterbuch, Band VII.
Leipzig (1834)
- 105 Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht.
Braunschweig (1961)
- 106 Goedecke, E.: Zur Frage der rezenten Klimaschwankungen
über den Britischen Inseln und zum Problem der säkularen
Erwärmung auf der Nordhalbkugel. Ann. Met. 7, 225 (1955)
- 107 Goldberg, L. and Pierce, A.K.: The photosphere of the
sun. Handbuch d. Physik 52, 1 (1959)
- 108 Gould, S.J.: Coincidence of climatic and faunal fluctua-
tions in pleistocene Bermuda. Science 168, 572 (1970)
- 109 Graewe, H.: Atomphysik. Bonn (1963)
- 110 Griffith, H.L., Panofsky, H.A. and v.d.Hoven, I.: Power-
spectrum analysis over large ranges of frequency.
J. Met. 13, 279 (1956)
- 111 Grünhagen, H.: Die Sonnenrhythmen. Niedersachsen 4/1956,
121 (1956)
- 112 Grünhagen, H.: Die Sonnenrhythmen II.
Niedersachsen 2/1958, 71 (1958)
- 113 Grünhagen, H.: Wie sind Klimaprognosen möglich?
Detmold (1965)
- 114 Hann, J.: Handbuch der Klimatologie. Stuttgart (1883)
- 115 Hannan, E.J.: Time series analysis. London (1967)
- 116 Hare, F.K.: Future climates and future environments.
Bull. AMS 52, 451 (1971)
- 117 Hess, A.: Über einen engen Zusammenhang zwischen Bewegun-
gen der vier größten Planeten und der Sonnenfleckentätig-
keit. Met. Rdsch. 8, 101 (1955)

- 118 Hofmann, G.: Wärmehaushalt und Advektion.
Arch. Met. Geoph. Biokl. A 11, 474 (1960)
- 119 Hoinkes, H.: Wir leben in einer Eiszeit. In "Vom Erdkern bis zur Magnetosphäre", herausgeg. von H. Murawski, S. 275, Frankfurt/Main (1968)
- 120 Holloway jr., J.L.: Smoothing and filtering of time series and space fields. Adv. in Geoph. 4, 351 (1958)
- 121 Hope, E.R.: Geomagnetic analog of 26-month meteorological and sunspot cycle. J. Atm. Sci. 20, 342 (1963)
- 122 Huber, B.: Durchschnittliche Schwankung und Periodenlänge von Jahrring-Breitenkurven als Klima-Indikatoren. Geol. Rdsch. 54, 441 (1964)
- 123 de Jager, C.: Structure and dynamics of the solar atmosphere. Handbuch d. Physik 52, 80 (1959)
- 124 Jardetzky, W.S.: Investigations of Milankovitch and the quaternary curve of effective solar radiation. Ann. NYAS 95, 418 (1961)
- 125 Jenkins, G.M. and Watts, D.G.: Spectral analysis and its applications. San Francisco (1968)
- 126 Johnsen, S.J., Dansgaard, W., Clausen, H.B. and Langway, C.C.: Climatic oscillations 1200-2000 AD. Nature 227, 482 (1970)
- 127 Kaiser, P.: Die Rückkehr der Gletscher. Wien, München, Zürich (1970)
- 128 Keller, L.: Die Periodographie als statistisches Problem. Beitr. Phys. fr. Atm. 19, 173 (1932)
- 129 Kessler, A.: Globalbilanzen von Klimaelementen. Ber. des Inst. f. Met. u. Klim. TU Hannover Nr. 3 (1968)
- 130 Kiepenheuer, K.O.: Die Sonne. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1957)
- 131 Kirch, H.-D.: Klimaschwankungen in der Arktis. Met. Abh. FU Berlin 110, Heft 4 (1970)
- 132 Klug, W.: Was ist ein Turbulenzspektrum? Promet 1/2 71, 20 (1971)
- 133 Klug, W.: Wie sieht das Turbulenzspektrum der Atmosphäre aus? Promet 1/2 71, 21 (1971)
- 134 Kolesnikowa, V.N. and Monin, A.S.: On the year-to-year variability of meteorological elements. Izv. Atm. Oc. Phys. vol. 2, no. 2, 65 (1966)

- 135 Koncek, N. und Cehak, K.: Säkulare Temperaturschwankungen in Mitteleuropa während der letzten 190 Jahre. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 16, 1 (1968)
- 136 Koncek, N. und Cehak, K.: Untersuchungen über Folgen von Zeiträumen mit unter- oder übernormaler Temperatur in Mitteleuropa. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 17, 429 (1969)
- 137 Köppen, W.: Über mehrjährige Perioden der Witterung. Z. d. Österr. Ges. f. Met. 16, 140, 183 (1881)
- 138 Köppen, W.: Lufttemperaturen, Sonnenflecke und Vulkanausbrüche. Met. Z. 31, 305 (1914)
- 139 Köppen, W. und Geiger, R.: Handbuch der Klimatologie. Berlin (1932)
- 140 Kraus, E.B.: Secular changes in the rainfall regime of SE-Australia. Quart. J. RMS 80, 591 (1954)
- 141 Kraus, E.B.: Secular changes of tropical rainfall regimes. Quart. J. RMS 81, 198 (1955)
- 142 Kraus, E.B.: Secular changes of the standing circulation. Quart. J. RMS 82, 289 (1956)
- 143 Kraus, E.B.: Recent climatic changes. Nature 181, 666 (1958)
- 144 Kraus, E.B.: Synoptic and dynamic aspects of climatic change. Quart. J. RMS 86, 1 (1960)
- 145 Kraus, E.B.: Physical aspects of deduced and actual climatic change. Ann. NYAS 95, 225 (1961)
- 146 Kraus, H.: Der Tagesgang des Energiehaushaltes der bodennahen Luftschicht. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 12, 491 (1963)
- 147 Kraus, H.: Das Klima von Nepal. Khumbu Himal, Ergebn. Forsch. Unternehmen Nepal Himalaya, Liefg. 4, 301 (1966)
- 148 Kraus, H.: Die Energieumsätze in der bodennahen Atmosphäre. Ber. DWD 16, Nr. 117 (1970)
- 149 Kriester, B.: Die annähernd zweijährige Schwingung des zonalen Windes in der tropischen Stratosphäre. Met. Abh. FU Berlin 22, Heft 4 (1964)
- 150 Kurpfalzbaierische Akademie der Wissenschaften: Anzeige an das Publikum von den Gegenständen der Witterungslehre. München (1781)
- 151 Lamb, H.H. and Johnson, A.J.: Climatic variation and observed changes in the general circulation. Geografiska Ann. 41, 94 (1959); 43, 363 (1961)

- 152 Lamb, H.H.: Climatic change within historical time as seen in circulation maps and diagrams. Ann. NYAS 95, 124 (1961)
- 153 Lamb, H.H.: On the nature of certain climatic epochs which differed from the modern (1900-1939) normal. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 125 (1963)
- 154 Lamb, H.H.: The changing climate. London (1966)
- 155 Lamb, H.H., Lewis, R.P. and Woodroffe, A.: Atmospheric circulation and the main climatic variables between 8000 and 0 BC: meteorological evidence. RMS: World Climate from 8000 to 0 BC, p. 174 (1966)
- 156 Lamb, H.H.: Climatic fluctuations. World Survey of Climatology, ed. by H.E. Landsberg, vol. 2, 173 (1969)
- 157 Lamb, H.H.: Volcanic dust in the atmosphere: with a chronology and assessment of its meteorological significance. Roy. Soc. of London, Philosoph. Transactions, Ser. A, Math. and Phys. Sci., 266, 425 (1970)
- 158 Landsberg, H.E.: Trends in climatology. Science 128, 749 (1958)
- 159 Landsberg, H.E., Mitchell, J.M. and Crutcher, H.L.: Power spectrum analysis of climatological data for Woodstock College, Maryland. Monthly Weath. Rev. 87, 283 (1959)
- 160 Landsberg, H.E.: Some patterns in the north-central U.S.A. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 10, 165 (1960)
- 161 Landsberg, H.E.: Note on the recent climatic fluctuation in the United States. J. Geoph. Res. 65, 1519 (1960)
- 162 Landsberg, H.E.: Biennial pulses in the atmosphere. Beitr. Phys. fr. Atm. 35, 184 (1962)
- 163 Landsberg, H.E., Mitchell, J.M., Crutcher, H.L. and Quinlan, F.T.: Surface signs of the biennial atmospheric pulse. Monthly Weath. Rev. 91, 549 (1963)
- 164 Lettau, H.: Synthetische Klimatologie. Ber. DWD US-Zone 38, 127 (1952)
- 165 Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte. I. Band, 1. Stück (1781)
- 166 Liese, R.: Hinweise auf Zusammenhänge zwischen den Planeten und den Sonnenfleckenperioden. TU Hannover, Astronom. Station des Inst. für Theoret. Geodäsie, Nr. 7 (1971)
- 167 Lorenz, E.N.: Climatic change as a mathematical problem. J. Appl. Met. 9, 325 (1970)

- 168 Lumley, J.L. and Panofsky, H.A.: The structure of atmospheric turbulence. New York (1964)
- 169 Lysgaard, L.: On the climatic variation. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 109 (1963)
- 170 Manabe, S. and Möller, F.: On the radiative equilibrium and heat balance of the atmosphere. Monthly Weath. Rev. 89, 503 (1961)
- 171 Manabe, S.: Climate and the ocean circulation. 1. The atmospheric circulation and hydrology of the earth's surface. Monthly Weath. Rev. 89, 503 (1961)
- 172 Manley, G.: Climatic variation. Quart. J. RMS 79, 185 (1953)
- 173 Manley, G.: Temperature trends in England 1698-1957. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 2, 413 (1959)
- 174 Manley, G.: Late and postglacial climatic fluctuations and their relationship to those shown by the instrumental record of the past 300 years. Ann. NYAS 95, 225 (1961)
- 175 Milankovitch, M.: Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen. In "Handbuch der Klimatologie" von Köppen, Geiger, Bd. 1, Allgemeine Klimalehre, S. 1 (1936)
- 176 MIT (Massachusetts Institute of Technology): Inadvertent climate modification. London (1971)
- 177 Mitchell, J.M.: On the causes of instrumentally observed secular temperature trends. J. Met. 10, 244 (1953)
- 178 Mitchell, J.M.: Recent secular changes of global temperature. Ann. NYAS 95, 235 (1961)
- 179 Mitchell, J.M.: On the world-wide pattern of secular temperature change. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 161 (1963)
- 180 Mitchell, J.M.: A critical appraisal of periodicities in climate. Weather and our Food Supply, CAED Report 20, Iowa State Univ., p. 189 (1965)
- 181 Mitchell, J.M.: Theoretical palaeoclimatology. The Quarterly of the United States, ed. by H.E. Wright and D.G. Frey, p. 881 (1965)
- 182 Mitchell, J.M.: Stochastic models of air-sea interaction and climatic fluctuation. The Rand Corporation Memorandum RM-5233-NSF, p. 46 (1966)
- 183 Mitchell, J.M. (chairman): Climatic change. WMO Techn. Note 79 (1966)

- 184 Mitchell, J.M.: Climatic change. IUGG U.S. National Report 1963-1967, vol. 78, no. 2, 500 (1967)
- 185 Mitchell, J.M.: Some remarks on the predictability of drought and related climatic anomalies. Proc. of the Conf. on the Drought in the NE U.S., New York Univ., Geoph. Sci. Lab., Report TR-68-3, p. 129 (1968)
- 186 Mitchell, J.M.: The effect of atmospheric aerosols on climate with special reference to temperature near the earth's surface. J. Appl. Met. 10, 703 (1971)
- 187 Möller, F.: Energetische Klimatologie. Gerl. Beitr. Geoph. 42, 252 (1934)
- 188 Möller, F.: Der Strahlungshaushalt der Stratosphäre. Met. Rdsch. 13, 65 (1960)
- 189 Möller, F.: On the influence of changes in the CO₂ concentration in air on the radiation balance of the earth's surface and on the climate. J. Geoph. Res. 68, 3877 (1963)
- 190 Möller, F.: Gibt es kosmische Einflüsse auf das Wetter? Bild d. Wiss. 1967/5, 493 (1967)
- 191 Monin, A.S. and Vulis, I.L.: On the spectra of long-period oscillations of geophysical parameters. Tellus 23, 337 (1971)
- 192 Müller-Annen, H.: Die Zonal-Zirkulation und die Höhe der Sonnenfleckenzyklen. Met. Rdsch. 13, 169 (1960)
- 193 Newell, R.E.: 26-month oscillation in atmospheric properties and the apparent solar diameter. Nature 204, 278 (1964)
- 194 Oort, A.H. and Taylor, A.: On the kinetic energy spectrum near the ground. Monthly Weath. Rev. 97, 623 (1969)
- 195 Paesler, M.: Die Temperaturmessungen in München 1781-1968. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 19 (1970)
- 196 Palmer, W.C.: Meteorological drought. US Weather Bureau, Res. Paper 45, 58 (1965)
- 197 Plass, G.N.: The carbon dioxide theory of climatic change. Tellus 8, 140 (1956)
- 198 v. Polowchak, M. and Panofsky, H.A.: The spectrum of daily temperatures as a climatic indicator. Monthly Weath. Rev. 96, 596 (1968)
- 199 Polli, S.: La realta fisica del ciclo climatico di 5,6 anni. Geof. Pura e Appl. 8, 94 (1946)
- 200 Polli, S.: Andamento climatico stagionale e attivita solare. Riv. di Ecologia 1, 300 (1950)

- 201 Portig, W.: Säkulare Klimaschwankungen.
Ann. Met. 2, 58 (1949)
- 202 Prohaska, F.: Zur Frage der Klimaänderung in der Polarzone
des Südatlantiks. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 3, 72 (1951)
- 203 Prohaska, F.: Bemerkungen zum säkularen Gang der Tempera-
tur im Südpolargebiet. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 5, 327
1954)
- 204 Rahmelt, A.: Sternwarte Kremsmünster, Niederschlagsbeobach-
tungen. Manuskript
- 205 v.Randow, T.: Vielleicht noch eine Chance zum Überleben.
Die Zeit Nr. 23, 54 (1972)
- 206 Rasool, S.I. and Schneider, S.H.: Atmospheric carbon dioxi-
de and aerosols: effects of large increase on global clima-
te. Science 173, 138 (1971)
- 207 Reed, R.J.: The present status of the 26-month oscillation.
Bull. AMS 46, 374 (1965)
- 208 v.Regel, C.: Die Klimaänderung der Gegenwart. Bern (1957)
- 209 Reuter, H.: Die Wissenschaft vom Wetter. Berlin, Göttingen
Heidelberg (1968)
- 210 Riehl, H. and Fultz, D.: Jet stream and long waves in a
steady rotating-dishpan experiment. Quart. J. RMS 83, 214
(1957)
- 211 Riehl, H. and Fultz, D.: The general circulation in a stea-
dy rotating-dishpan experiment. Quart. J. RMS 84, 389 (1958)
- 212 Riehl, H.: Mechanisms of the general circulation of the
troposphere. World Survey of Climatology, ed. by H.E.
Landsberg, vol. 2, 1 (1969)
- 213 Robinson, N.: Solar radiation. Amsterdam, London,
New York (1966)
- 214 Rocznik, K.: Eine Bilanz der Sommer Mitteleuropas für den
Zeitraum 1761-1960. Met. Rdsch. 15, 133 (1962)
- 215 Rodewald, M.: Studien über klimatische Schwankungen.
Ann. Met. 6, 365 (1954)
- 216 Rosenblatt, M.: Time series analysis. New York (1963)
- 217 Roth, R.: Zwischen Produktion und Dissipation von Turbu-
lenzenergie: die Energiekaskade. Promet 1/2 71, 24 (1971)
- 218 Roth, R.: Klimaschwankungen. Vorlesung an der Univ.
München 1971/72

- 219 v. Rudloff, H.: Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem Beginn der regelmäßigen Instrumenten-Beobachtungen (1670). Braunschweig (1967)
- 220 Rüge, U.: Weltweite Klimaschwankungen. Met. Abh. FU Berlin 51, Heft 2 (1965)
- 221 Rusin, N.P. and Chudnovskaia, E.N.: The change in atmospheric transparency and the attenuation of solar radiation over Antarctica after the eruption of the Mount Agung volcano. Glavnaia Geofizicheskaja Obs., Trudy No. 237, 117 (1970)
- 222 Sabo, P.: Untersuchung über Periodizitäten der Temperaturen und der Höhen der Druckflächen über Wien. Arch. Met. Geoph. Biokl. A 21, 35 (1972)
- 223 Sawyer, J.S.: Notes on the response of the general circulation to changes in the solar constant. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 333 (1963)
- 224 Saltzmann, B.: Steady state solutions for axially-symmetric climatic variables. Geof. Pura e Appl. 69, 237 (1968)
- 225 Saltzmann, B. and Vernekar, A.D.: An equilibrium solution for the axially symmetric component of the earth's macroclimate. J. Geoph. Res. 76, 1498 (1971)
- 226 Schell, I.I.: Interrelations of arctic ice with the atmosphere and the ocean in the North Atlantic. J. Met. 13, 46 (1956)
- 227 Schell, I.I.: Recent evidence about the nature of climatic changes and its applications. Ann. NYAS 95, 251 (1961)
- 228 Scherhag, R.: Die Wintertemperaturen in Berlin und die Sonnenfleckenrelativzahlen. Arch. Met. Geoph. Biokl. A 1, 233 (1949)
- 229 Scherhag, R.: Betrachtungen zur allgemeinen Zirkulation, 1. Teil: Die Schwankungen der allgemeinen Zirkulation in den letzten Jahrzehnten. Ber. DWD 12, 40 (1950)
- 230 Scherhag, R.: Einführung in die Klimatologie. Braunschweig (1960)
- 231 Schmauß, A.: Wie steht es mit dem meteorologischen Perioden? Met. Z. 44, 176 (1927)
- 232 Schmauß, A.: Über Klimaschwankungen. Das Wetter 55, 241, 277 (1938)
- 233 Schmauß, A.: Kalendermäßige Bindungen der täglichen Temperaturschwankung. Abh. Bayer. Ak. d. Wiss. N.F. 51, 1 (1941)
- 234 Schneider, M.: Periodische Schwankungen in der Vegetationszeit der Laubbäume. Met. Rdsch. 2, 146 (1949)

- 235 Schneider, M.: Laubentfaltung der Roßkastanien, Sonnenflecken und Märztemperatur. Ber. DWD US-Zone 2, 104 (1950)
- 236 Schönwiese, C.D.: Spektrale Varianzanalyse klimatologischer Reihen im langperiodischen Bereich. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 15 (1969)
- 237 Schönwiese, C.D.: Spektrale Untersuchung klimatologischer Daten im langperiodischen Bereich. Ann. Met. N. F. 4, 252 (1969)
- 238 Schönwiese, C.D.: Vergleichende Varianzanalyse der Hohenpeißberger und Baseler Luftdruckreihe im langperiodischen Bereich. Met. Rdsch. 23, 149 (1970)
- 239 Schönwiese, C.D.: Solare Aktivität und lange Reihen nördlich der Alpen: Eine Analyse zur spektralen Verteilung der Varianz. Arch. Met. Geoph. Biokl. B 19, 287 (1971)
- 240 Schönwiese, C.D.: Temperatur-Varianzspektren der neuen homogenisierten Reihe von München. Met. Rdsch. 24, 122 (1971)
- 241 Schönwiese, C.D.: Klimaanalyse mittels Varianzspektrum und numerischer Bandpaßfilterung. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 21, S. 61 (1971)
- 242 Schove, D.J.: European raininess and European temperatures. Quart. J. RMS 75, 175 (1949)
- 243 Schove, D.J.: The climatic fluctuation since 1850 in Europe and the Atlantic. Quart. J. RMS 76, 147 (1950)
- 244 Schove, D.J.: The sunspot cycle, 649 B.C. to A.D. 2000. J. Geoph. Res. 60, 127 (1955)
- 245 Schove, D.J.: Solar cycles and the spectrum of time since 200 B.C. Ann. NYAS 95, 107 (1961)
- 246 Schove, D.J.: Tree rings and climatic chronology. Ann. NYAS 95, 605 (1961)
- 247 v.Schubert, O.: Die dreijährige Luftdruckwelle. Veröff. Geoph. Inst. Leipzig 3, 337 (1928)
- 248 Schwarzbach, M.: Das Klima der Vorzeit. Stuttgart (1961)
- 249 Sellers, W.D.: A global climatic model based on the energy balance of the earth-atmosphere system. J. Appl. Met. 8, 392 (1969)
- 250 Sellers, W.D.: The effect of changes in the earth's obliquity on the distribution of mean annual sea-level temperatures. J. Appl. Met. 9, 960 (1970)
- 251 Shapiro, R. and Ward, F.: A neglected cycle in sunspot numbers? J. Atm. Sci. 19, 506 (1962)

- 252 Shostakovich, V.B.: Geschichtete Bodenablagerungen der Seen als Klima-Ann. Met. Z. 53, 176 (1936)
- 253 Singer, S.F.: Global effects on environmental pollution. Dordrecht (1971)
- 254 Slocum, G.: Has the amount of CO₂ in the atmosphere changed significantly since the beginning of the 20th century? Monthly Weath. Rev. 83, 225 (1955)
- 255 Smith, H.J. and Smith, E.P.: Solar flares. New York (1963)
- 256 Struve, O.: Astronomie. Berlin (1963)
- 257 Stuiver, M.: Variations in radiocarbon concentration and sunspot activity. J. Geoph. Res. 66, 273 (1961)
- 258 Stumpff, K.: Analyse periodischer Vorgänge. Berlin (1927)
- 259 Stumpff, K.: Grundlagen und Methoden der Periodenforschung. Berlin (1937)
- 260 Suess, H.E.: Radiocarbon and absolute chronology. Proc. XII Nobel Symp., Uppsala (1969)
- 261 Sutcliffe, R.C.: Theories of recent changes of climate. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 277 (1963)
- 262 Takahashi, K.: Further studies on the influence of change of solar activity upon the meteorological phenomena. Pap. in Met. Geoph. 10, 55 (1959)
- 263 Taubenheim, J.: Statistische Auswertung geophysikalischer und meteorologischer Daten. Leipzig (1969)
- 264 Troup, A.J.: A secular change in the relation between the sunspot-cycle and the temperature in the tropics. Geofis. Pura e Appl. 51, 184 (1962)
- 265 Tukey, J.W.: The sampling theory of power spectrum estimates. Symp. on Appl. of Autocorr. Analysis to Phys. Problems, Office of Naval Res. Washington, NAVEXOS-P-735, p. 47 (1949)
- 266 Tukey, J.W.: The estimation of power spectra and related quantities. From R.E. Langer, On Numerical Approximations, Madison (1959)
- 267 Tukey, J.W.: Discussion, emphasizing the connection between analysis of variance and spectrum analysis. Technometrics 3, 191 (1961)
- 268 Valnicek, B.: Les eruptions chromospheriques et le temps. Bull. Astronom. Inst. Czechoslovakia 4, 97 (1953)
- 269 Veryard, R.G.: A review of studies on climatic fluctuations during the period of the meteorological records. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 3 (1963)

- 270 Wagner, A.: Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Braunschweig (1940)
- 271 Waldmeier, M.: The sunspot activity in the years 1610-1960. Zürich (1961)
- 272 Walk, O.G.: Untersuchungen von Schwankungen der Lufttemperatur. Diplomarbeit für Meteorologie, Met. Inst. Univ. München (1966)
- 273 Walk, O.G.: Zur Interpretation von Energie-, Ko- und Quadratspektren meteorologischer Parameter. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 20 (1970)
- 274 Wallen, C.C.: Variability of summer temperature in Sweden and its connection with changes in the general circulation. Tellus 5, 157 (1953)
- 275 Wallen, C.C.: Changes of climate. WMO Bull. 11, 16 (1962)
- 276 Wallen, C.C.: Changes of climate. Changes of Climate, Proc. UNESCO/WMO-Symp. Rome 1961, p. 467 (1963)
- 277 Ward, F. and Shapiro, R.: Solar, geomagnetic, and meteorological periodicities. Ann. NYAS 95, 200 (1961)
- 278 Ward, F. and Shapiro, R.: Decomposition and comparison of time series and indices of solar activity. J. Geoph. Res. 67, 541 (1962)
- 279 Weickmann, L.: Das Wellenproblem der Atmosphäre. Met. Z. 44, 241 (1937)
- 280 Westcott, P.: The 25- or 26-month periodic tendency in sunspots. J. Atm. Sci. 21, 572 (1964)
- 281 Westphal, W.H.: Physik. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959)
- 282 Wexler, H.: On the effect of volcanic dust on insolation and weather. Bull. AMS 32, 10 (1951)
- 283 Wexler, H.: Radiation balance of the earth as a factor in climatic change. Climatic Change, Cambridge, p. 73 (1953)
- 284 Wexler, H.: Variations in insolation, general circulation and climate. Tellus 8, 480 (1956)
- 285 Wexler, H.: Possible causes of climatic fluctuations. Dynamics of Climate, New York, p. 93 (1960)
- 286 Whipple, F.L.: Meteors. Handbuch d. Physik 52, 518 (1959)
- 287 Wiener, N.: Generalized harmonic analysis. Acta Math. 55, 117 (1930)

- 288 Willett, H.C.: Longperiodic fluctuations of the general circulation of the atmosphere. J. Met. 6, 34 (1949)
- 289 Willett, H.C.: Extrapolation of sunspot-climate relationships. J. Met. 8, 1 (1951)
- 290 Willett, H.C.: The pattern of solar-climatic relationships. Ann. NYAS 95, 89 (1961)
- 291 Williams, D.: Sunspot cycle correlations. Ann. NYAS 95, 78 (1961)
- 292 Wippermann, F.: Die "Scales" als ein erstes Ordnungsprinzip für alle Turbulenzvorgänge in der Atmosphäre. Promet 1/2 71, 16 (1971)
- 293 WMO: World Weather Records.
- 294 Woeikof, A.: Die Perioden in der Temperatur von Stockholm. Met. Z. 23, 433 (1906)
- 295 Ziegler, J. und König, W.: Das Klima von Frankfurt am Main. Frankfurt (1896)

IX. ANHANG

1. Kontinentalitätsformel nach Gorczynski

Die Formel zur Bestimmung der Kontinentalität nach W. Gorczynski (vergl. [35] S. 386) lautet

$$K = 1.7 \frac{A}{\sin \varphi} - 20.4 ,$$

wobei A die Jahresamplitude der Lufttemperatur in °C und φ die geographische Breite ist. Diese Formel ist in VI, 2, Tabelle 2 benützt, A ist aus Monatsmittelwerten bestimmt.

Die Werte K schwanken im Fall der Tabelle 2 zwischen -6 für San Francisco (geringe Kontinentalität) und +43 für Toronto (große Kontinentalität). Im Idealfall sollte die Formel für die Küste $K=0$ ergeben, für das Meer Minuswerte und für das Festland positive Werte annehmen. Hohe positive Werte bedeuten große Kontinentalität.

Weitere Kontinentalitätsformeln finden sich u.a. in [35].

2. Ergänzungen zur Berechnung der Filtergewichte

a) Bemerkungen zum Rechenformalismus

Im Anschluß an IV,2 soll bei der Beschreibung des Rechenformalismus zur Errechnung der Gewichte für numerische Bandpaßfilter zunächst für den Spezialfall der Charakteristik $(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ und $T^*=11\Delta t$ bzw. $T^*=11\mu$ J.M. Mitchell [183] in seinen Erläuterungen zu [43] gefolgt werden.

Da $n=6T^*$ empfohlen wird (IV,8) ist im vorliegenden Spezialfall $n=66$. Außerdem gilt $R_0 \equiv R_{f=0} = 0$. Bei der Errechnung der Filtergewichte w_k nach (IV,6) läuft dann $f = \frac{1}{2n}, \dots, \frac{n}{2n}$ wie folgt:

$$\begin{array}{lcl}
 (A,1) & \begin{array}{l} f = \frac{1}{132} \\ \vdots \\ f = \frac{5}{132} \\ f = \frac{6}{132} = \frac{1}{22} = \frac{1}{2} f^* \\ \vdots \\ f = \frac{24}{132} = 2f^* \\ \vdots \end{array} & \left. \begin{array}{l} \text{entfällt, da } R(f)=0 \\ \text{für } f < \frac{1}{2} f^* \\ \text{(vergl. (IV,7))} \end{array} \right\} \\
 & & \left. \begin{array}{l} \text{entfällt da } R(f)=0 \\ \text{für } 2f^* \leq f \\ \text{(vergl. (IV,7))} \end{array} \right\}
 \end{array}$$

Da weiterhin für $f = \frac{1}{2} f^*$ nach (IV,7)

$$(A,2) \quad 2R(f) = 1 + \cos(2T^* \pi \frac{1}{2} f^*) = 1 + \cos \pi = 0$$

gilt, lautet (IV,6) unter Berücksichtigung von (IV,7) und (A,1):

$$(A,3) \quad w_k = \frac{1}{132} \sum_{f=7/132}^{f=23/132} R(f) \cos 2\pi f k.$$

Das Zentralgewicht w_0 errechnet sich dann folgendermaßen:

$$(A,4) \quad w_0 = \frac{1}{132} \sum_{f=7/132}^{f=23/132} 2R(f) \underbrace{\cos 2\pi f \cdot 0}_{=1};$$

$$(A,5) \quad 2R(f) = 1 + \cos(2T^* \pi f) = 1 + \cos 22\pi f.$$

Für $f = \frac{7}{132}$ errechnet sich

$$(A,6) \quad 2R(f) = 1 + \cos \frac{22\pi \cdot 7}{132} = 1 + \cos 3.66 = 0.134.$$

Auf die selbe Art werden die $2R(f)$ für die restlichen $f_1 = \frac{8}{132}, \dots, \frac{23}{132}$ berechnet. Dann ergibt sich

$$(A,7) \quad \sum 2R(f) = 18$$

und

$$(A,8) \quad w_0 = \frac{18}{132} = 0.136$$

(vergl. Wertetabelle in [183]).

Bei w_{-1}, w_1 (gleicher Zahlenwert) werden die einzelnen $2R(f)$ - Werte nicht mit $\cos 2\pi f k = \cos 2\pi f \cdot 0 = 1$ multipliziert, sondern mit den jeweiligen $(\cos 2\pi f \cdot 1)$. Die Summe dieser Produkte ergibt

$$(A,9) \quad w_{-1}, w_1 = \frac{14.094}{132} = 0.107.$$

Für beide Gewichte gilt daher

$$(A,10) \quad w_1 = 0.107; \quad w_{-1} = 0.107.$$

Bei der Berechnung der weiteren Filtergewichte geht k in dem Ausdruck $(\cos 2\pi f k)$ von 2 bis n , in Schritten von 1, wobei k jeweils mit dem Index des Gewichtepaares w_{+k} übereinstimmt. Für das Bandpaßfilter $F(\frac{1}{2}T^* - T^* - 2T^*)$, für das im Idealfall

$$(A,11) \quad \begin{aligned} R(2T^*) &= 0 \\ R(T^*) &= 1 \\ R(\frac{1}{2}T^*) &= 0 \end{aligned}$$

gemäß der Abb. 12 gilt, ist im Anhang 3a ein Rechenprogramm in FORTRAN IV angegeben. Wie aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlich, lassen sich derartige Bandpaßfilter für jedes beliebige T^* errechnen, weswegen in der hier gegebenen Darstellung von der speziellen Schreibweise von [183] abgewichen und die angeführten allgemeinen Bezeichnungen einschließlich T^* eingeführt wurden. Im Rechenprogramm (Anhang 3a) ist daher ebenfalls lediglich der Wert für T^* zu ändern, um andere Filtergewichte der Charakteristik ($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$) zu erhalten. Die Zahlenwerte einiger solcher spezieller numerischer Bandpaßfilter enthält der Anhang 2b.

Die in VI errechneten Varianzspektren zeigen häufig eine charakteristische Verteilung der Varianzmaxima in der Weise, daß bei $2.2a \approx 26\text{mon}$, $3.3a \approx 40\text{mon}$ und $5a = 60\text{mon}$ besonders häufig Varianzmaxima auftreten, insbesondere im Fall der Temperaturanalyse. Diese Perioden sind in der Abb. 48 schematisch gekennzeichnet (M). Betrachtet man nun den Bereich, den numerische Bandpaßfilter der Charakteristik ($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$) mit $R(f)=1$ für 26mon (Filter F_{26}), $R(f)=1$ für 40mon (Filter F_{40}) und $R(f)=1$ für 60mon (Filter F_{60}) erfassen (Abb. 48, vergl. auch Abb. 12), so erkennt man, daß diese Filter noch zu "breit" sind, um die einzelnen Periodenbereiche auftretender Varianzmaxima in der Filterung klar genug zu trennen.

Daher wurde die Rechenvorschrift (IV,7) so verändert, daß sich die Bereiche, für die $R(f)=0$ gilt, vergrößern. Das läßt sich dadurch erreichen, daß im Schema (A,1) die $R(f)=0$ nur für $f = \frac{10}{2n}$, ..., $\frac{15}{2n}$ oder, da $n=6T^*$ (IV,8) angenommen wurde, für $f = \frac{10}{12T^*}$, ..., $\frac{15}{12T^*}$ berechnet werden. (Im speziellen Fall $T^*=11\Delta t$ ergibt sich im Nenner wieder 132 wie bei (A,1)). Das aber bedeutet, daß $R(f)=0$ nun für die Grenzen

$$(A,12) \quad f = \frac{9}{12T^*} = \frac{3}{4} T^* \quad ; \quad f = \frac{16}{12T^*} = \frac{4}{3} T^*$$

gilt. Ein solches Filter hat die Charakteristik ($\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*$); an die Stelle von (IV,7) tritt

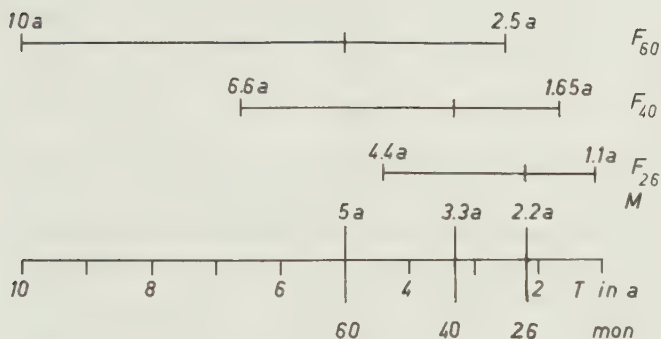


Abb. 48: Schema der wichtigsten Maxima der spektralen Varianzanalyse nach VI,2 (M) und "Breite" der Filter F_{26} , F_{40} und F_{60} ; vergl. Text und Abb. 12.

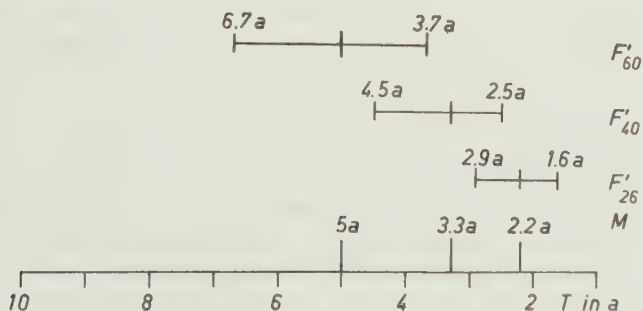


Abb. 49: Schema der wichtigsten Maxima der spektralen Varianzanalyse nach VI,2 (M) und "Breite" der Filter F'_{26} , F'_{40} und F'_{60} ; vergl. Text und Abb. 12.

$$\begin{aligned}
 (A,13) \quad R(f) &= 0 && \text{für } 0 < f \leq \frac{3}{4}f^* \text{ bzw. } \infty > T \geq \frac{4}{3}T^* \\
 2R(f) &= 1 + \cos(2T^* \pi f) && \text{für } \frac{3}{4}f^* < f < f^* \text{ bzw. } \frac{4}{3}T^* > T > T^* \\
 2R(f) &= 1 - \cos(T^* \pi f) && \text{für } f^* \leq f < \frac{4}{3}f^* \text{ bzw. } T^* \geq T > \frac{3}{4}T^* \\
 R(f) &= 0 && \text{für } \frac{4}{3}f^* \leq f < \frac{1}{2} \text{ bzw. } \frac{3}{4}T^* \geq T > 2.
 \end{aligned}$$

Die Charakteristik dieses Filters läßt sich nun so kennzeichnen, daß bei Abb. 12 an der Abszisse $\frac{1}{2}T^*$ durch $\frac{3}{4}T^*$ und $2T^*$ durch $\frac{4}{3}T^*$ ersetzt werden, die Werte f^* entsprechend. Solche besonders enge numerische Bandpaßfilter mit $R(f)=1$ für 26mon, 40mon und 60mon wurden berechnet, nämlich die Filter F'_{26} , F'_{40} und F'_{60} . Diese Filter werden den Ergebnissen der spektralen Varianzanalyse von VI weit besser gerecht als die Filter F , wie das Schema der Abb. 49 zeigt. An die Stelle der Formel (A,3) tritt nun

$$(A,14) \quad w_k = \frac{1}{12T^*} \left[R_0 + 2 \sum_{f=10/12T^*}^{f=15/12T^*} R(f) \cos 2\pi f k \right].$$

Die vorgegebene Filtercharakteristik ist umso besser erfüllt, je mehr Gewichte w_k errechnet werden, wobei k theoretisch gegen unendlich gehen müßte. Da aber bei der Filterung mit $\tilde{N}=(2k+1)$ Gewichten w_k genau $2 \frac{\tilde{N}-1}{2}$ Werte der ursprünglichen Zeitreihe verloren gehen, wird man die Reihe der Gewichte w_k an einer sinnvollen Stelle abbrechen müssen. Um diese Stelle zu finden, soll die Zahlenreihe w_k genauer betrachtet werden, zunächst am Beispiel des Filters F_{11} , dessen w_k in der Abb. 50 dargestellt sind. Diese w_k alternieren nach beiden Seiten, d.h. für $k \rightarrow +\infty$ und für $k \rightarrow -\infty$ haben sie symmetrisch zu w_0 den gleichen Zahlenwert und wechseln mehrmals das Vorzeichen. (Dies gilt nicht nur für das spezielle Filter F_{11} , sondern für alle derartigen Filtergewichte.)

Auf Grund dieser Alternierung erreicht die Summe der w_k mit fortlaufendem k mehrmals die in (IV,4) geforderte Bedingung

$$(A,15) \quad \sum_{k=-n}^{k=+n} w_k = 0.$$

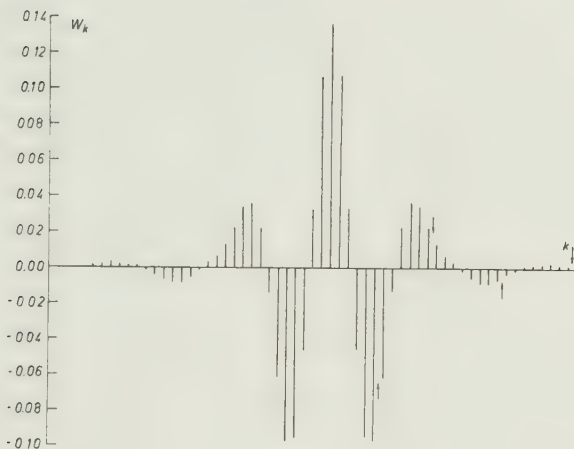


Abb. 50: Filtergewichte w_k des numerischen Bandpaßfilters F_{11} (Charakteristik $\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$; $T^*=11\Delta t$), Neuberechnung. In der Mitte das Zentralgewicht w_0 mit dem numerisch größten Zahlenwert, nach beiden Seiten mit symmetrisch zu w_0 gleichen Zahlenwerten die Gewichte w_i und w_{-i} ; die Pfeile markieren die Stellen, für die die Summierung von w_0 aus nach (A,15) dem Wert Null am nächsten kommt.

Die Gewichtsreihe w_k wird daher nicht beim Nulldurchgang ($w_k \approx 0$) abgebrochen, wie man aus den Darstellungen bei [43,183] schließen könnte, sondern sobald die Bedingung (A,15) erfüllt oder am besten angenähert ist. Dies ist mit fortlaufendem k mehrmals der Fall (in der Abb. 50 durch Pfeile gekennzeichnet; in dieser Abbildung sind vom numerisch größten Gewicht w_0 aus (Zentralgewicht) die k nach rechts positiv, nach links negativ zu indizieren). Der Abbruch der Reihe w_k erfolgte bei den im folgenden angegebenen Filtergewichten jeweils dann, wenn die Summe nach (A,15) der dort gestellten Bedingung zum zweiten Mal am nächsten kommt. Damit wurde die gleiche Größenordnung der Anzahl der Filtergewichte erreicht, die man bei [43,163,193] findet. Derartige

Reihen von Filtergewichten erbringen eine genügend genaue Filterung und verkürzen die ursprüngliche Zeitreihe nicht zu sehr.

Vergrößert man den Wert T^* , so rücken die Stellen, für die die Bedingung (A,15) am besten angenähert ist, immer weiter auseinander. Gleichzeitig werden die numerischen Werte der w_k immer geringer, ebenso die Wertdifferenzen der w_k . Beides läßt sich an Hand der Abb. 51 deutlich erkennen. Dort sind die w_k für das Filter F'_{26} dargestellt. Die Pfeile entsprechen denen der Abb. 50. Je größer der Wert T^* wird (wobei es gleichgültig ist, ob Δt in mon oder a oder anderen Einheiten angenommen wird), desto mehr Gewichte w_k benötigt man daher zur numerischen Bandpaßfilterung.

b) Filtergewichte mit der Charakteristik ($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$)

In der Tabelle 5 sind die Filtergewichte für das numerische Bandpaßfilter der Charakteristik ($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$) mit $T^* = 11\Delta t$ angegeben (Filter F_{11}). Die erste Spalte enthält die Werte, wie sie von G.W. Brier [43] und J.M. Mitchell [183] angegeben wurden, die zweite Spalte gibt die Werte an, wie sie aus dem vorstehend beschriebenen und [183] folgenden Rechenformalismus bei etwas gesteigerter Genauigkeit folgen.

Die Summe der in der ersten Spalte angegebenen Filtergewichte ist genau Null. (Dabei muß nach (A,15) die Summierung so erfolgen, daß das Zentralgewicht w_0 einmal in die Summe eingeht, die weiteren w_k jedoch je zweimal: für w_{+k} und für w_{-k} .) Bei der Neuberechnung dieser Filtergewichte ergibt sich jedoch, wie mit weit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten, nirgends genau der Wert Null bei der Summierung. (Nur zufällig ist bei der gewählten Genauigkeit der Wert w_{22} genau Null.) Die Stellen, an denen die Nullbedingung (A,15) am besten angenähert ist, sind in der Tabelle mit $\sum_0$ gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung entspricht genau den Pfeilen der Abb. 50, in der die w_k der Tabelle 5, 2. Spalte, graphisch dargestellt sind.

Um nun beim Abbruch der Reihe w_k die Bedingung (A,15) exakt zu erfüllen, muß i.a. der letzte Wert der w_k entsprechend korrigiert werden. Solche Korrekturwerte sind in der Tabelle 5 und den fol-

k	w_k	
	nach G.W. Brier [43] und J.M. Mitchell [183]	Neuberechnung
0	0.136	0.13636
1	0.107	0.10673
2	0.034	0.03337
3	-0.046	-0.04657
4	-0.095	-0.09613
5	-0.098	-0.09850 $\leftarrow \Sigma_0$
6	-0.062	-0.06287
7	-0.014	-0.01447
8	0.023	0.02251
9	0.038	0.03729
10	0.034	0.03375
11	0.023	0.02273 $\leftarrow \Sigma_0$
12	0.013	0.01295
13	0.007	0.00694
14	0.003	0.00282
15	-0.001	-0.00151
16	-0.006	-0.00596
17	-0.008	-0.00885
18	-0.009	-0.00898
19	-0.006	-0.00682 $\leftarrow (-0.00343)$
20	-0.004	-0.00391 $\leftarrow \Sigma_0$
21	-0.001	-0.00154
22		-0.00000
23		0.00107
24		0.00193
25		0.00242
26		0.00227
27		0.00154 $\leftarrow (0.00115)$
28		0.00067 $\leftarrow \Sigma_0$

Tabelle 5: Filtergewichte des numerischen Bandpaßfilters der Charakteristik $(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ mit $T^*=11\Delta t$. Die rechte Spalte enthält in Klammern Korrekturwerte, die bei Abbruch der w_k an der betreffenden Stelle einzusetzen sind, damit die Bedingung (A,15) genau erfüllt ist. Alle Stellen, an denen diese Bedingung angenähert gilt, sind mit Σ_0 gekennzeichnet.

genden Tabellen in Klammern neben dem unkorrigierten Wert angegeben. (Auf die Notwendigkeit einer solchen Korrektur ist weder in [43], noch in [183] hingewiesen.)

Das Rechenprogramm der Anlage 3a druckt 100 Werte w_k aus, was 199 Gewichte ergibt, $k=-99, \dots, -1, 0, 1, \dots, 99$. (In diesem

Fall ist allerdings $T^* = 26 \Delta t$ angenommen.)

Die allgemeine Schreibweise ermöglicht es nun, im Rechenformalismus (sowie im Rechenprogramm) einfach $T^* = 11 \Delta t$ durch $T^* = 24 \Delta t$ zu ersetzen. Dann erhält man die Filtergewichte, die in der Tabelle 6, 2. Spalte, wiedergegeben sind. Zum Vergleich enthält die 1. Spalte die Filtergewichte, die H.E. Landsberg u.a. [163] für $T^* = 24 \text{mon}$ angegeben haben. Die deutlich abweichenden Zahlenwerte der w_k erklären sich daraus, daß in [163] eine andere, breitere und unsymmetrische Filtercharakteristik verwendet worden ist. Entgegen der ausführlichen Wiedergabe der Gewichte in der Tabelle 5 ist die Reihe der Gewichte in diesem Fall wie in allen weiteren bei der zweiten Näherung an (A,15) abgebrochen.

k	w_k	
	nach H.E. Landsberg [163]	Neuberechnung
0	0.0602	0.06250
1	0.0577	0.05954
2	0.0512	0.05100
3	0.0410	0.03787
4	0.0279	0.02162
5	0.0133	0.00407
6	-0.0017	-0.01293
7	-0.0158	-0.02766
8	-0.0279	-0.03877
9	-0.0372	-0.04540
10	-0.0431	-0.04730
11	-0.0454	-0.04475
12	-0.0442	-0.03852
13	-0.0400	-0.02970
14	-0.0334	-0.01955
15	-0.0253	-0.00930
16	-0.0165	0.00000
17	-0.0079	0.00757
18	0.0000	0.01299
19	0.0065	0.01616
20	0.0115	0.01729
21	0.0147	0.01676
22	0.0163	0.01511
23	0.0165	0.01284
24	0.0156	0.01042 (0.00976)
25	0.0140	
26	0.0121	
27	0.0100	

Tabelle 6: Filtergewichte des numerischen Bandpaßfilters der Charakteristik $(\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*)$ mit $T^* = 24 \Delta t$; vergl. Tabelle 5 und Text.

k	Filtergewichte w_k mit				
	$T^* = 26 \Delta t$	$T^* = 40 \Delta t$	$T^* = 60 \Delta t$		
0	+0.05769	+0.03750	+0.02500		
1	5536	3686	2481		
2	4860	3495	2424		
3	3807	3187	2330		
4	2478	2774	2202		
5	1002	2272	2040		
6	-0.00487	1703	1849		
7	1856	1089	1632		
8	2993	0456	1393		
9	3813	-0.00176	1135		
10	4270	0776	0865		
11	4355	1328	0586		
12	4097	1812	0304		
13	3556	2213	0023		
14	2810	2519	-0.00253		
15	1952	2724	0517		
16	1072	2826	0767		
17	0250	2828	0999		
18	+0.00452	2735	1208		
19	0994	2559	1393		
20	1360	2311	1551		
21	1553	2008	1679		
22	1595	1664	1778		
23	1520	1298	1846		
24	1365	0924	1884		
25	1168	0558	1892		
26	0937	0213	1871	44	+0.00444
27		+0.00100	1823	45	0520
28		0373	1751	46	0581
29		0601	1656	47	0628
30		0780	1541	48	0662
31		0909	1409	49	0682
32		0992	1265	50	0691
33		1032	1110	51	0690
34		1035	0948	52	0679
35		1006	0782	53	0660
36		0952	0616	54	0635
37		0881	0452	55	0604
38		0799	0293	56	0570
39		0712	0142	57	0533
40		0761	+0.00000	58	0494
41			0131	59	0455
42			0249	60	0417
43			0354	61	0233

Tabelle 7: Numerisches Bandpaßfilter, Filtergewichte der Charakteristik ($\frac{1}{2}T^* \leftarrow T^* \rightarrow 2T^*$) für das jeweils oben angegebene T^* in Kurzschreibweise; bei jedem Vorzeichenwechsel mit fortlaufendem k sind Vorzeichen und Kommastellen ausgeschrieben. Das jeweils letzte w_k ist bereits bezüglich der Bedingung (A,15) korrigiert.

Durch Einsetzen weiterer bestimmter Werte für T^* , nämlich $26\Delta t$, $40\Delta t$ und $60\Delta t$ in den gleichen Rechenformalismus kommt man zu den in der Tabelle 7 angegebenen Filtergewichten. Dort ist der jeweils letzte Wert w_k bereits so korrigiert, daß die Bedingung (A,15) genau erfüllt ist.

c) Filtergewichte mit der Charakteristik $(\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*)$

Die im Anhang 2a beschriebene Modifikation des Formalismus zur Berechnung der Gewichte für numerische Bandpaßfilter führt zu der in den Abb. 12 (untere Abszissenbeschriftung) und 49 dargestellten Charakteristik. Die Auflistung solcher Filtergewichte für $T^*=26\Delta t$, $T^*=40\Delta t$ und $T^*=60\Delta t$ enthält die Tabelle 8. Wie im Fall der Tabelle 7 sind alle angegebenen Reihen von Filtergewichten bei der zweiten Annäherung an die Bedingung (A,15) abgebrochen, das jeweils letzte w_k ist so korrigiert, daß die gesamte Reihe der w_k diese Bedingung genau erfüllt. In der Abb. 51 sind die Gewichte der 1. Spalte von Tabelle 8 (für Filter F'_{26}) graphisch dargestellt. Allerdings enthält die Abb. 51 die Gewichte bis zur vierten Annäherung an (A,15), alle Stellen mit einer solchen Annäherung sind wie in der Abb. 50 durch Pfeile gekennzeichnet.

Die in der Tabelle 8 aufgelisteten Filtergewichte wurden zur vorliegenden Analyse (vergl. VI) verwendet. Die Anlage 3b enthält das Rechenprogramm in FORTRAN IV für die Berechnung dieser Gewichte (dort für den Spezialfall $T^*=26\Delta t$). Die numerische Filterung der Zeitreihe mit Hilfe dieser errechneten Filtergewichte verwirklicht das in der Anlage 3c wiedergegebene Rechenprogramm.

Filtergewichte w_k mit			
k	$T^* = 26\Delta t$	$T^* = 40\Delta t$	$T^* = 60\Delta t$
0	+0.03495	+0.02272	+0.01515
1	3382	2241	1506
2	3052	2148	1478
3	2526	1998	1433
4	1841	1792	1370
5	1044	1539	1290
6	0188	1245	1195
7	-0.00669	0918	1086
8	1469	0569	0964
9	2161	0206	0830
10	2701	-0.00159	0687
11	3056	0516	0536
12	3207	0855	0380
13	3149	1168	0219
14	2890	1445	0057
15	2455	1679	-0.00105
16	1878	1864	0265
17	1202	1995	0421
18	0475	2070	0570
19	+0.00252	2087	0711
20	0931	2047	0843
21	1519	1951	0963
22	1980	1805	1070
23	2290	1612	1164
24	2436	1380	1242
25	2124	1116	1304
26		0827	1350
27		0523	1379
28		0213	1391
29		+0.00094	1386
30		0390	1364
31		0667	1326
32		0917	1272
33		1133	1203
34		1312	1120
35		1448	1026
36		1539	0920
37		1585	0804
38		1586	0681
39		0849	0551
40			0417
41			0279
42			0141
43			0004

k	
44	+0.00130
45	0261
46	0385
47	0503
48	0612
49	0711
50	0799
51	0875
52	0939
53	0989
54	1027
55	1050
56	1061
57	1058
58	1084

Tabelle 8: Numerisches Bandpaßfilter, Filtergewichte der Charakteristik ($\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*$) für das jeweils oben angegebene T^* in Kurzschreibweise; vergl. Tabelle 7.

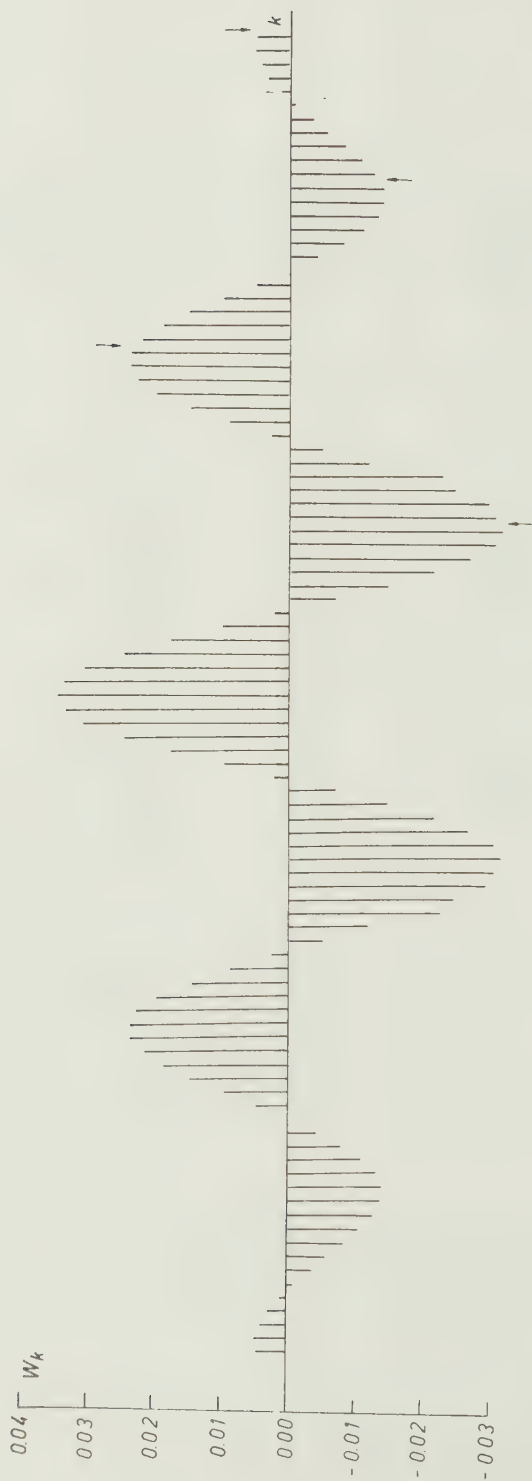


Abb. 51: Filtergewichte w_k des numerischen Bandpaßfilters P_{26} , Charakteristik $(\frac{3}{4}T^* \leftarrow T^* \rightarrow \frac{4}{3}T^*)$ und $T^*=26\Delta t$; vergl. Abb. 50.

3. Graphische Darstellung der gefilterten Zeitreihen

Abkürzungen:

T: Lufttemperaturreihe;

N: Niederschlagsreihe;

F'₂₆: numerische Bandpaßfilterung (ausgehend von Zwölfmonatsmitteln bei T bzw. Zwölfmonatssummen bei N) mit dem Filter, dessen Charakteristik in den Abb. 12 (untere Abszissenbeschriftung) und 49 dargestellt ist, für den Spezialfall $T^*=26$ mon, d.h. für $T^*=26$ mon hat die Filtercharakteristik den Wert $R(f)=1$ (maximale "Durchlässigkeit" des Filters);

F'₄₀: wie F'₂₆, aber $T^*=40$ mon;

F'₆₀: wie F'₂₆, aber $T^*=60$ mon;

X: Abweichung der gefilterten Zeitreihe von dem als Null definierten Mittelwert.

Anmerkungen:

Im Rahmen dieser Arbeit kann nur die folgende Auswahl der gefilterten Zeitreihen wiedergegeben werden:

T, F'₂₆: alle analysierten Reihen;

T, F'₄₀: Basel, Hohenpeißenberg, München, Wien, Budapest, Sibiu;

T, F'₆₀: Uppsala, Helsinki, Rom, Gibraltar;

N, F'₂₆: Zürich, Kremsmünster, Wien, Budapest, Sibiu.

Die Amplituden der gefilterten Reihen (Ordinate) sind im Fall der Lufttemperatur in grd, im Fall des Niederschlages in 10mm dargestellt (d.h. bei den Niederschlagsreihen sind alle angegebenen Ordinatenwerte mit 10mm zu multiplizieren).

Alle Darstellungen sind unveränderte Computerzeichnungen. Dabei findet sich am Anfang und Ende der gefilterten Reihen ein Abschnitt mit $X=0$. So sind alle Werte definiert, die nach der Filterung nicht mehr verfügbar sind (vergl. Anhang 2) oder die auf Grund kürzerer Reihenlänge bei der ursprünglichen Zeitreihe nicht vorliegen.

Die in den Abbildungslegenden genannten Stationen beziehen sich auf die auf der entsprechenden Seite von oben nach unten abgebildeten gefilterten Reihen.

F. 1271 BASEL.

BASELSTADT UND 201

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

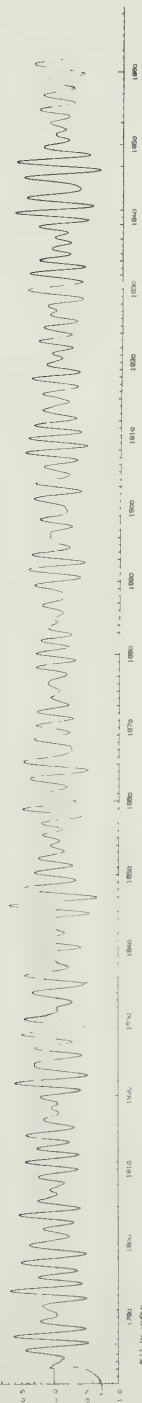
1.0

0.5

1. 27. 11. 1974

1. 27. 11. 1974

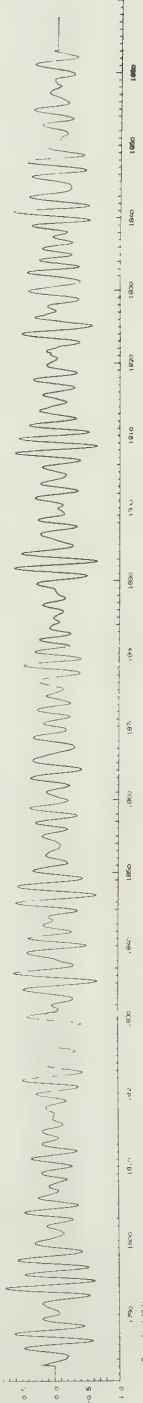
1. 27. 11. 1974



1. 27. 11. 1974

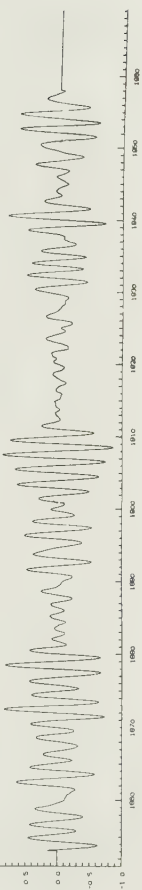
1. 27. 11. 1974

1. 27. 11. 1974



1. 27. 11. 1974

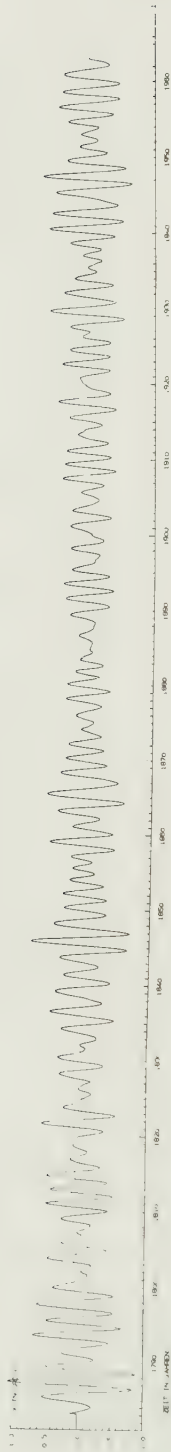
1. 27. 11. 1974



1. 27. 11. 1974

T, P, 26, Wien, Budapest und Sibiu.

1. 12. 1965. - BANGKOK, 12. 12. 1965.



1. 12. 1965. - BANGKOK, 12. 12. 1965.

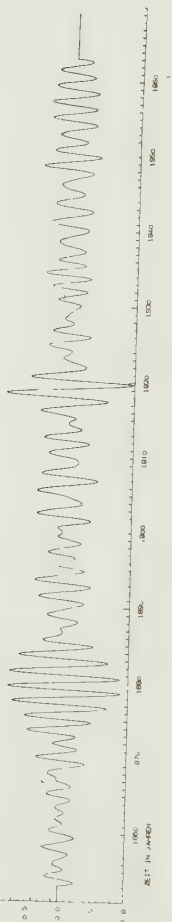


T, F, 26, Prag und Berlin.



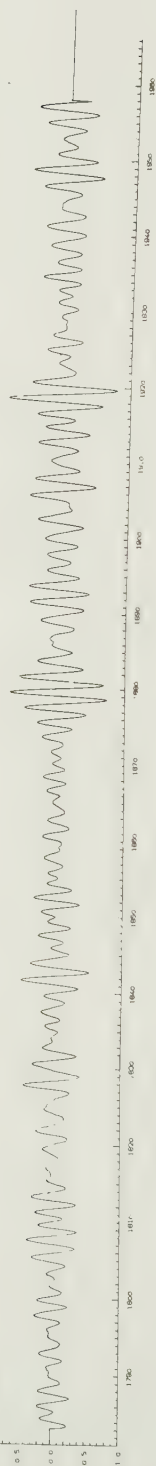
1.027 MHz CH2 201

1.027 MHz CH2 201

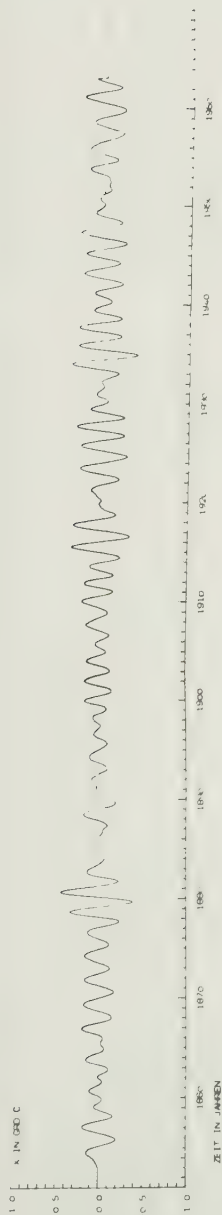


1.027 MHz CH2 201

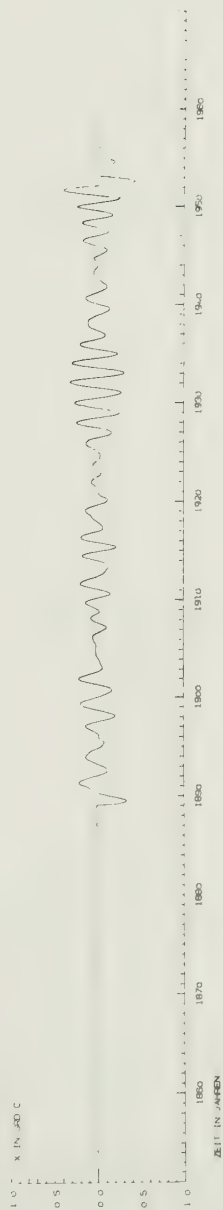
1.027 MHz CH2 201



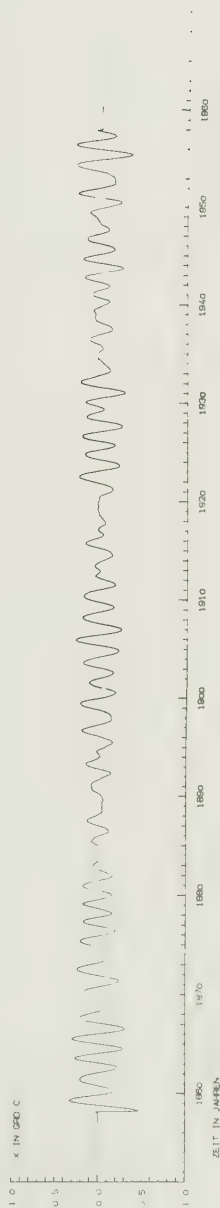
T, F, 26, Toronto und New Haven.



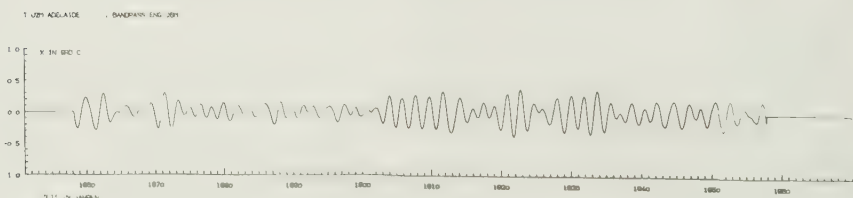
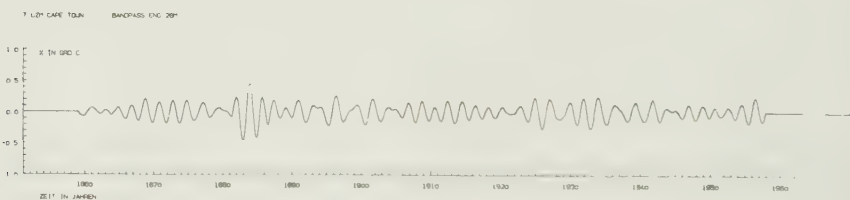
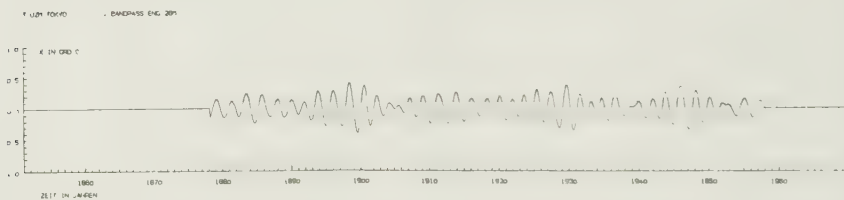
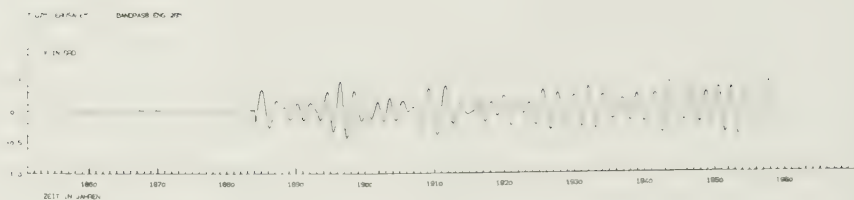
T 1271 SAO PAULO - BANGKOK (IN. 207)



T 1271 BUENOS AIRES - BANGKOK (MG. 207)

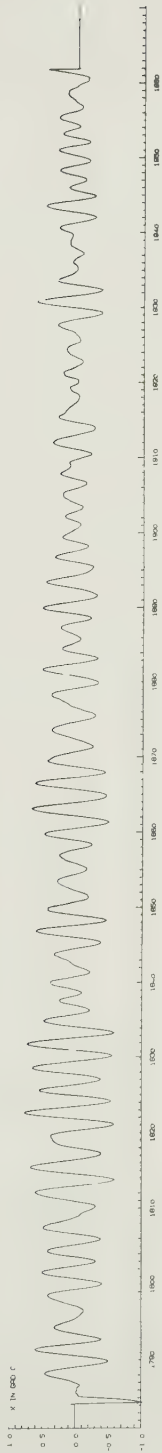


T, P. 26, San Francisco, Sao Paulo und Buenos Aires.

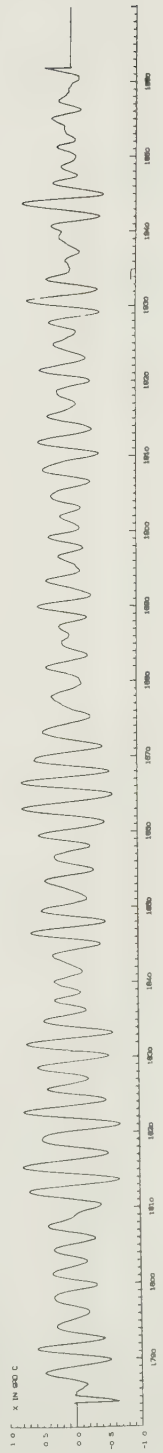


T, F'₂₆, Jerusalem, Bombay, Tokyo, Kapstadt und Adelaide.

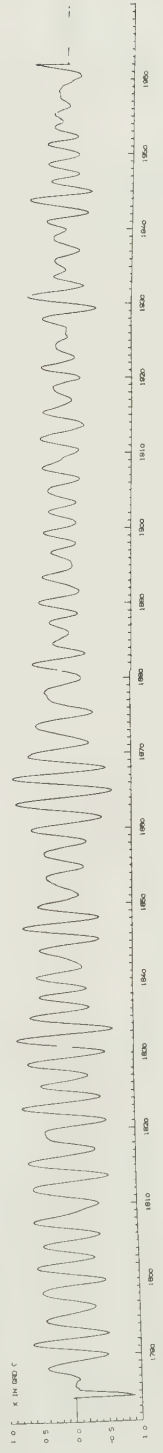
1. GUT. BASEL. Hohenpeissenberg und München.



1. GUT. BASEL. Hohenpeissenberg und München.

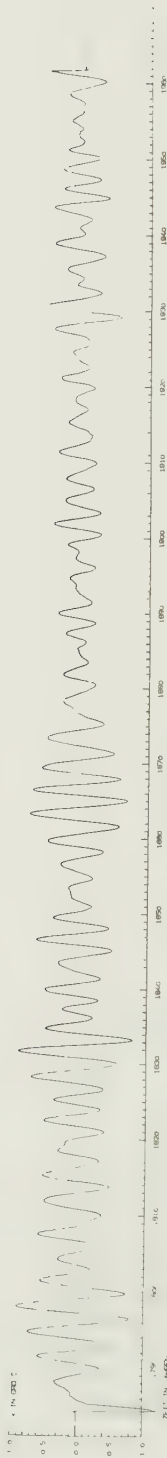


1. GUT. BASEL. Hohenpeissenberg und München.



T, F^o 40, Hohenpeissenberg und München.

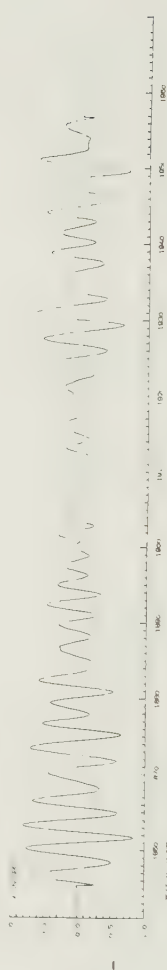
BAKOVSKI, 1940, 1941



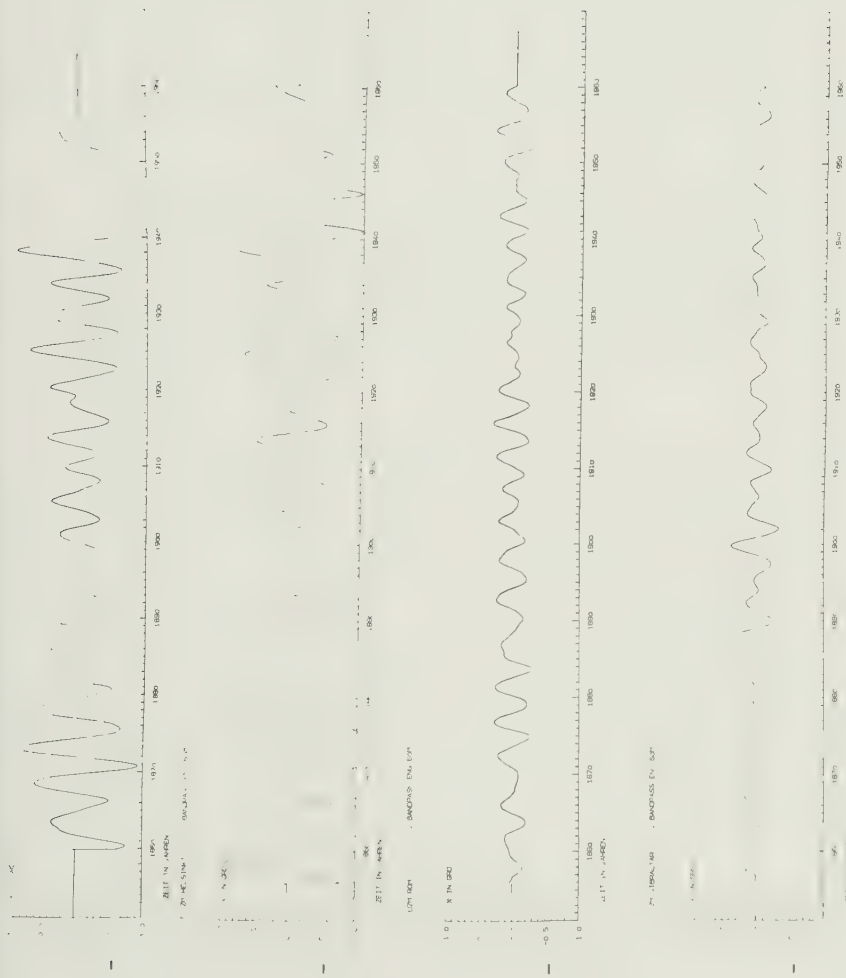
1940 1941



1940 1941



T, F, 40, Wien, Budapest und Sibiu.

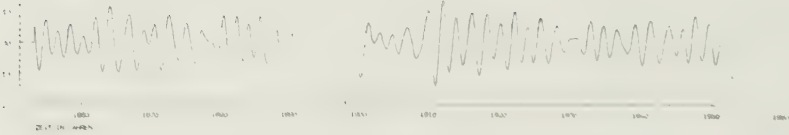


T, P'60, Uppsala, Helsingki, Rom und Gibraltar.

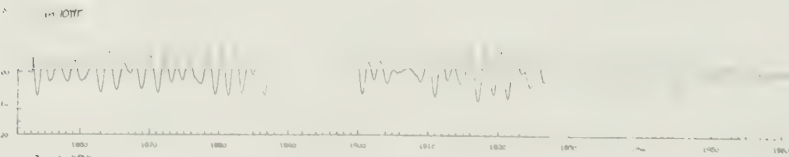
10 MHz



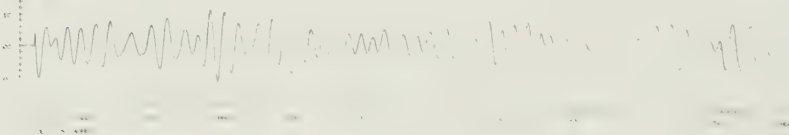
10 MHz



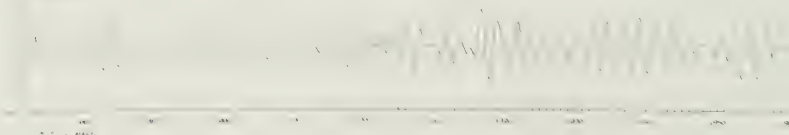
10 MHz



10 MHz



10 MHz



N, F' 26 , Zürich, Kremsmünster, Wien, Budapest und Sibiu.

4. Klimawerte für den Vergleichszeitraum 1860 - 1960

Die folgenden Tabellen enthalten, ausgehend von den Monatsmitteln der Lufttemperatur bzw. ausgehend von den Monatssummen des Niederschlages der in der Tabelle 1 angegebenen Stationen für den einheitlichen Vergleichszeitraum 1860-1960 (falls nicht anders vermerkt) die folgenden Werte:

- a) Lufttemperatur: mittleres Jahresmittel, Streuung, Varianz, Jahresgang der mittleren Monatsmittel;
- b) Niederschlag: mittlere Monatssumme, mittlere Jahressumme, Streuung und Varianz der Monatssummen, Jahresgang in mittleren Monatssummen.

Die ursprünglich genaueren Werte des Computerausdruckes sind von Hand gerundet und in $\frac{1}{100}^{\circ}\text{C}$ bzw. in mm angegeben, die Varianz in $\frac{1}{100}\text{ grad}^2$ bzw. in mm^2 .

Station	mittl. Jahresmittel	Streuung der Monatsmittel	Varianz	J a h r e s g a n g												X	XI	Σ
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Σ			
Basel	9.08	6.78	45.94	-0.14	1.44	4.87	8.90	13.17	16.54	18.35	17.50	14.23	9.02	4.21	0.02			
Hohenpeißenberg	6.18	6.44	41.44	-2.07	-0.37	1.31	5.16	9.59	12.66	14.77	14.44	11.66	6.88	2.06	-0.01			
München	7.65	7.26	52.64	-2.00	-0.81	3.01	7.47	12.19	15.55	17.43	16.76	13.23	7.63	2.41	-0.01			
Wien	9.33	7.54	56.79	-1.27	0.35	4.45	9.52	14.21	17.51	19.43	18.62	15.07	9.58	4.15	0.01			
Budapest	10.91	8.38	70.13	-0.86	0.81	5.72	11.51	16.92	19.96	21.95	21.06	16.89	11.09	5.11	0.01			
Sibiu	8.79	8.50	72.28	-3.92	-1.70	3.87	9.63	14.72	17.79	19.70	18.35	14.81	9.55	3.41	-1.00			
Prag	9.38	7.51	56.44	-0.76	0.47	4.11	9.09	14.33	17.73	19.58	18.74	14.99	9.40	4.20	0.01			
Berlin	9.20	7.09	50.23	-0.09	0.84	3.95	8.63	13.81	17.22	18.93	17.98	14.53	9.31	4.31	1.13			
Frankfurt/Main	9.86	6.78	45.96	0.70	2.13	5.51	9.84	14.34	17.48	19.06	18.16	14.81	9.64	4.3	1.13			
Emden	8.65	5.92	35.11	1.12	1.59	3.85	7.54	11.79	15.01	16.73	16.22	13.64	9.10	4.83	2.00			
Kiel	7.83	6.16	38.01	0.03	0.32	2.39	6.39	10.78	14.51	16.46	15.34	13.05	8.59	4.20	1.40			
De Bilt	10.08	6.20	38.47	2.05	2.85	5.47	9.42	13.82	16.86	18.46	17.93	15.08	10.34	5.73	3.00			
Uppsala	5.17	7.78	60.46	-4.14	-4.37	-1.92	3.38	9.10	14.06	16.71	15.02	10.72	5.41	0.64	-2.00			
Helsinki	4.66	3.48	71.92	-5.64	-6.34	-3.37	2.25	8.34	13.95	17.16	15.57	10.99	5.56	0.73	-3.31			
Stykkisholm	4.04	4.96	24.60	-1.45	-1.45	-0.71	1.89	5.82	9.36	11.16	10.64	8.16	4.36	1.27	-0.02			
Edinburgh	8.45	4.23	17.92	3.41	3.73	4.81	7.11	9.76	12.84	14.55	14.26	12.20	8.94	5.73	4.10			
Rom	15.55	6.41	41.11	6.96	8.06	10.60	13.84	17.97	22.04	24.82	24.43	21.38	16.57	11.60	8.00			
Gibraltar	17.58	3.99	15.94	12.64	13.11	14.10	15.84	18.02	20.77	22.98	23.66	21.91	18.84	15.71	13.37			
Toronto	7.75	9.52	90.66	-4.90	-5.01	-0.70	6.12	12.32	17.98	20.91	19.90	15.97	9.54	3.25	-2.33			
New Haven	9.96	9.82	78.03	-1.80	-1.54	2.34	8.39	14.16	19.30	22.28	21.29	17.73	9.54	3.61	-0.13			
San Francisco	13.02	2.22	4.91	9.67	10.88	11.75	12.57	13.44	14.38	14.42	14.71	15.79	15.11	13.10	10.48			
Sao Paulo 1)	17.94	2.61	6.83	20.98	21.69	20.47	18.55	16.32	15.00	14.41	15.43	16.54	17.73	18.85	19.92			
Buenos Aires	16.36	4.98	24.84	23.32	22.66	20.46	16.44	13.06	10.13	9.73	10.85	13.04	15.76	19.09	21.82			
Jerusalem 2)	16.92	5.91	34.91	8.07	9.08	11.74	15.58	20.12	22.28	23.62	23.97	22.53	20.40	15.20	10.40			
Bombay 3)	27.17	1.82	3.29	24.26	24.58	26.71	28.66	30.10	29.04	27.46	27.16	27.29	28.15	27.18	25.17			
Tokyo 4)	14.13	7.88	62.02	3.16	3.88	7.09	12.72	16.94	20.62	24.57	25.86	22.24	16.22	10.70	5.13			
Kapstadt	17.00	3.27	10.70	21.26	21.41	20.21	17.50	15.05	13.51	12.68	13.23	14.46	16.35	18.31	20.09			
Adelaide	17.08	4.37	19.12	22.97	22.91	20.97	17.58	14.46	11.98	11.01	12.09	13.93	16.45	19.15	21.00			

Anhang 4a: Klimawerte der Lufttemperaturreihen (vergl. Tabelle 1) für den Vergleichszeitraum 1860-1960 (Ausnahmen: 1) 1887-1960 2) 1882-1960 3) 1878-1960 4) 1876-1960);

Varianz in grad^2 , alle anderen Werte in $^{\circ}\text{C}$.

Station	mittl. Monats- summe	mittl. Jahres- summe	Streuung der Monatssummen	J a h r e s g a n g											
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Zürich 1)	91	1096	54	59	59	70	87	105	130	131	127	101	86	70	72
Kremsmünster	87	1047	51	63	60	65	82	103	118	143	125	89	69	63	69
Wien	55	659	36	39	36	46	52	71	71	79	69	48	52	46	48
Budapest	52	627	34	40	36	44	53	69	72	53	50	47	55	58	51
Sibiu	55	657	42	27	26	34	52	83	112	92	74	50	43	35	29
Frankfurt/Main	53	632	32	48	38	40	39	50	66	71	69	51	55	52	53
Berlin	49	589	30	44	37	38	40	48	60	76	61	45	47	45	47
De Bilt	62	743	35	58	46	48	44	51	60	76	86	70	72	65	68
Uppsala	46	546	28	35	28	28	30	40	50	67	74	53	52	44	42
Helsinki	54	648	30	49	40	36	37	46	48	62	76	66	67	65	56
Edinburgh	56	670	33	54	42	43	38	52	49	73	79	59	65	58	57
Stykkisholm	58	690	38	76	69	55	41	34	40	38	43	73	78	74	70
Rom	69	825	58	80	68	72	70	55	38	18	23	68	121	113	100
Gibraltar	70	839	82	116	102	118	69	36	10	1	2	28	80	146	132
Toronto	66	795	32	70	60	66	63	70	66	73	68	68	62	66	62
New York	90	1076	47	87	88	95	84	85	84	103	112	88	86	83	82
San Francisco	45	544	64	120	94	75	37	17	4	0	0	7	23	58	110
Rio de Janeiro	90	1082	67	132	122	138	107	73	52	44	64	61	82	98	132
Buenos Aires 2)	81	972	60	87	74	112	90	77	64	56	64	79	90	85	94
Jerusalem	50	604	75	154	127	90	33	5	0	0	0	1	10	60	124
Bombay	156	1871	256	65587	3	1	1	15	491	634	365	282	64	13	2
Seoul	89	1067	120	14520	13	14	33	65	76	125	301	227	115	41	34
Tokyo 3)	131	1570	90	8176	53	74	109	132	145	172	140	149	231	205	104
Djakarta	149	1790	125	15700	320	299	202	135	106	91	62	45	71	109	144
Kapstadt	52	630	49	2358	15	15	22	52	98	106	96	83	56	43	24
Adelaide	43	519	33	1108	20	18	24	43	68	72	65	60	50	45	29

Anhang 4b: Klimawerte der Niederschlagsreihen (vergl. Tabelle 1) für den Vergleichszeitraum 1860-1960 (Ausnahmen: 1) 1864-1960 2) 1861-1960 3) 1876-1960 4) 1864-1960);

Varianz in mm², alle anderen Werte in mm.

Lebenslauf

Am 7.10.1940 wurde ich, Christian-Dietrich Schönwiese, in Breslau (Schlesien) als Sohn des Dr. jur. Alex Schönwiese (Wirtschaftsjournalist) und seiner Ehefrau Ursula geboren. Nach Volksschulbesuch in Bamberg und München wurde mir am 19.7.1961 vom Albert-Einstein-Gymnasium (vormals Neues Realgymnasium) München die Reife zuerkannt. Am 1.10.1961 wurde ich zum Grundwehrdienst einberufen und am 31.3.1963 als Leutnant d.R. entlassen. (Intermittierende Wehrübungen 1966 und 1967 führten am 25.4.1968 zur Ernennung zum Oberleutnant d.R.)

Mit dem Sommersemester 1963 begann ich mein Studium im Fach Meteorologie an der Universität München, wo ich nach 11 Semestern die Diplom-Hauptprüfung ablegte (Diplom vom 7.11.1968). Am 1.1.1969 trat ich als Wetterdienstreferendar in den öffentlichen Dienst ein und unterzog mich im Juni 1970 der Großen Staatsprüfung. Mit Wirkung vom 26.6.1970 trat ich auf Grund meiner Studienförderung in den Geophysikalischen Beratungsdienst der Bundeswehr als Beamter des höheren Dienstes ein. Mit Wirkung vom 1.1.1972 wurde ich zum Regierungsrat und mit Wirkung vom 1.7.1973 zum Oberregierungsrat ernannt. Seit dem letztgenannten Termin bin ich Beamter auf Lebenszeit. Meine Tätigkeit beim obengenannten Dienst umfaßte zunächst Beratungstätigkeit bei der Geophysikalischen Beratungsleitstelle Fürstenfeldbruck, ab 26.4.1972 leitete ich die Geophysikalische Beratungsstelle Oberschleißheim (bei München) und seit dem 21.5.1973 bin ich mit Unterrichtstätigkeit bei der Waffenschule der Luftwaffe in Fürstenfeldbruck beauftragt. Die Kontaktaufnahme mit der Volkshochschule Fürstenfeldbruck führte im März 1973 zu einem ersten Vortragsabend.

In den Jahren 1969-1971 kam es neben der Tätigkeit im öffentlichen Dienst zu Fachveröffentlichungen in den "Wissenschaftlichen Mitteilungen des Meteorologischen Institutes der Universität München" (Diplomarbeit) sowie in den Fachzeitschriften "Annalen der Meteorologie", "Meteorologische Rundschau", "Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie" und "Wetter und Leben". Im Herbst 1970 gestattete mir Herr Prof. Dr. F. Möller, damaliger Leiter des Meteorologischen Institutes der Universität München, die Aufnahme der Promotionstätigkeit und stellte diese Arbeit unter die Betreuung von Herrn Prof. Dr. R. Roth, jetzt Universität Frankfurt.

Schließlich ist die Mitgliedschaft bei den folgenden Verbänden zu nennen: Meteorologische Gesellschaft München (z.Z. Kassenwart), Verband Deutscher Meteorologen (z.Z. stellvertretender Vorsitzender des Zweigverbandes Südbayern), Studien-genossenschaft des Albert-Einstein-Gymnasiums München und Institut für Ostdeutsche Musik.

Christian-Dietrich Schönwiese
(Christian-Dietrich Schönwiese)

Karlsfeld, im April 1974

